



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

Alexandre Martins Cristóvão

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Priscila Cardoso Calegari

Araranguá, SC
Fevereiro de 2017.

Forças e Movimento: Proposta de Atividades com Simulações Computacionais

Alexandre Martins Cristóvão

Orientador:
Profa. Dra. Priscila C. Calegari

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

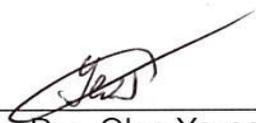
Aprovada por:



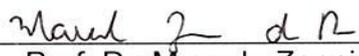
Profa. Dra. Priscila C. Calegari



Profa. Dra. Eliane Pozzebon



Profa. Dra. Olga Yevseyeva



Prof. Dr. Marcelo Zannin da Rosa

Araranguá, SC
fevereiro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Cristovão, Alexandre Martins

Forças e Movimento: proposta de atividades com simulações computacionais / Alexandre Martins Cristovão; orientadora, Priscila Cardoso Calegari – Araranguá, SC, 2017.

105p.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá. Programa Pós-Graduação em Ensino de Física.

Inclui referências

1. Ensino de Física. 2. Forças. 3. Movimento. 4. Simulação computacional. I. Calegari, Priscila Cardoso. II. Universidade Federal de Santa Catarina, Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Forças e Movimento: proposta de atividades com simulações computacionais.

*À meus pais que sempre incentivaram meus estudos, em especial à minha esposa
Andrelise Leandra da Silva Cristóvão e aos meus filhos Mariana e Luís Filipe da Silva
Cristóvão, por sempre me apoiarem nesta jornada.*

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por minha vida.

À UFSC / Centro de Araranguá e à SBF pelo programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física e à CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

À todos professores do MNPEF da UFSC / Centro de Araranguá, representados na pessoa do coordenador Evy Augusto Salcedo Torres, pela confiança e dedicação à primeira turma do mestrado profissional em Ensino de Física.

Ao minha orientador Priscila Cardoso Calegari, pela oportunidade de compartilhar comigo seus conhecimentos, fundamentais ao desenvolvimento deste trabalho e pelo tempo dedicado.

A todos os funcionários da universidade, pelo carinho e atenção.

À todos os colegas da turma 2014 do MNPEF pela convivência durante esta etapa de nossas vidas. Em especial à meu colega e amigo Sergio Silveira.

RESUMO

FORÇAS E MOVIMENTO: PROPOSTA DE ATIVIDADES COM SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Alexandre Martins Cristóvão

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a Priscila Cardoso Calegari

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Neste trabalho propomos dois roteiros de atividades dirigidos aos professores do Ensino Médio. Estes roteiros sugerem o uso de simulações computacionais para o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos físicos envolvidos no tópico Forças e Movimento. Atualmente a maioria dos estudantes tem acesso a computadores ou celulares com acesso à *internet*, entretanto acabam utilizando este recurso apenas para acessar redes sociais. O principal objetivo deste trabalho é propor um material que motive o professor e estudantes a utilizarem simulações computacionais como ferramenta auxiliadora no processo de ensino-aprendizagem. Os roteiros de atividades propostos são baseados nos três momentos pedagógicos descritos por Delizoicov: Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento. As atividades propostas incluem problemas e conceitos físicos envolvidos no estudo da primeira e segunda lei de Newton. Os roteiros de atividades foram aplicados em oito turmas do primeiro ano do Ensino Médio. Os resultados obtidos são satisfatórios e indicam o potencial da proposta.

Palavras-chave: Ensino de Física, Simulação Computacional, Forças e Movimento.

Araranguá

Fevereiro de 2017

ABSTRACT

FORCES AND MOTION:
SUGGESTION OF ACTIVITIES
WITH INTERACTIVE SIMULATIONS

Alexandre Martins Cristovão

Supervisor:

Dr.^a Priscila Cardoso Calegari

Abstract of master's thesis submitted to the *Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina – Araranguá Campus*, in the Program Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

In this work we propose two activities guides directed to high school teachers. These guides suggest the use interactive simulations for the teaching and learning process of the topic Forces and Motion. Nowadays most students have access to computers or smartphones with internet access, however they use this feature only to access social networks. The main objective of this work is to propose a guide that motivates the teachers and the students to use computational simulations as a useful tool in the teaching learning process. The proposed activities are based on the three pedagogical moments described by Delizoicov: Problematization, Organization of Knowledge and Application of Knowledge. The proposed activities include problems and physical concepts involved in the study of Newton's first law and Newton's second law. The activities guides has been applied in eight high school classrooms. The results obtained are good and they indicate the potential of the proposal.

Keywords: Physics education, Interactive Simulations, Forces and Motion

Araranguá

February, 2017

Sumário

Capítulo 1	Introdução	9
Capítulo 2	Fundamentação teórica	12
2.1	A construção do conhecimento	12
2.1.1	Aprendizado científico versus senso comum	12
2.1.2	Informática na educação	15
2.2	Forças e Movimento	18
2.2.1	Primeira Lei de Newton	18
2.2.2	Segunda Lei de Newton	19
2.2.3	Aplicações no plano inclinado	22
Capítulo 3	Metodologia	24
3.1	Roteiros de atividades	24
3.2	Simuladores Computacionais	26
Capítulo 4	Resultados	31
4.1	Relato do roteiro 1: Primeira Lei de Newton	31
4.1.1	Problematização Inicial.....	31
4.1.2	Organização do Conhecimento	32
4.1.3	Aplicação do Conhecimento	33
4.2	Relato do roteiro 2: Segunda Lei de Newton	40
4.2.1	Segunda Lei de Newton: introdução	40
4.2.2	Aplicações da Segunda Lei de Newton.....	41
4.2.3	Aplicações da Segunda Lei de Newton: Plano Inclinado.....	49
4.3	Resultados da avaliação da metodologia proposta	52
Capítulo 5	Considerações Finais	58
	Referências Bibliográficas	59
Apêndice A	Roteiro 1: Primeira Lei de Newton	64
Apêndice B	Roteiro 1: Segunda Lei de Newton	84

Capítulo 1

Introdução

O ensino médio brasileiro tem se mostrado deficiente, alunos desmotivados, notas baixas em vestibulares e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e o grande número de evasão, confirmam esta situação. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) do Ensino Médio foi de 3,9, ficando abaixo de 4,3 que era a meta estabelecida para 2015 [IDEB, 2016]. Um estudo feito pelo Instituto Unibanco, com base nos últimos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostra que 1,3 milhão de jovens entre 15 e 17 anos deixaram a escola sem concluir os estudos em 2014 [agenciabrasil, 2017]. Existe uma série de propostas para a reforma do ensino médio no Brasil, no intuito de motivar mais os estudantes. Uma das principais mudanças é flexibilidade no currículo.

Em geral os conhecimentos adquiridos em sala de aula não são ministrados de forma significativa, são pouco contextualizados, e logo esquecidos. O ensino de física deveria ser baseado em formas mais motivadoras, os sistemas de memorização de fórmulas e resolução de exercícios não instigam o desenvolvimento dos estudantes, como sugere os Parâmetros Curriculares Nacionais [PCN+, 2006].

“Muitas vezes o ensino de Física inclui a resolução de problemas, onde o desafio central para o aluno consiste em identificar qual fórmula deve ser utilizada. Esse tipo de questão, que exige, sobretudo, memorização, perde sentido se desejamos desenvolver outras competências.” [PCN+, 2006]

Se o processo de ensino aprendizagem é feito de uma forma mais contextualizada e voltada para a realidade do aluno o conhecimento apresentado ao estudante é empregado para facilitar atividades e prever situações. Assim o conhecimento não é facilmente esquecido. O [PCN+, 2006] enfatiza que o conhecimento não pode ser meramente informativo, tem que mudar a forma de pensar e agir.

“Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir.” [PCN+, 2006]

Desta forma, a motivação para o presente trabalho é criar condições em que o estudante possa compreender os conceitos físicos e usá-los em seu favor. Oportunizar ao estudante o desenvolvimento de suas compreensões e usar o conhecimento adquirido como ferramenta em tarefas diárias. Para isto vamos incentivar o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), mais especificamente o uso de simuladores computacionais voltados para o ensino de Física. Podemos perceber que o uso das TICs pelos docentes se dá de uma forma tímida, horas desmotivada pelo receio de não ter um domínio razoável na área, horas pelo medo dos estudantes perderem o foco distraído-se.

Neste sentido as aulas devem ser bem planejadas para não deixar os alunos com tempo ocioso.

O uso de experimentos no ensino de física mostra-se capaz de fazer uma ligação entre os cálculos e leis com situações reais, que podem ser visualizadas. Algumas experiências são simples de executar e demandam de material de fácil aquisição. Outras experiências podem ter um custo alto e necessitam de um bom tempo para serem executadas. Os simuladores computacionais tem sido uma ótima solução para este obstáculo, tendo baixo custo ou até mesmo sendo gratuitos. A maioria dos simuladores são simples de operar e possibilitam ao estudante uma resposta rápida a seus questionamentos. Além disto, auxiliam a visualização de conceitos físicos.

Em [Arantes, 2010] os autores descrevem os simuladores como objetos de aprendizagem no ensino de física e recomendam seu uso.

“Um dos mais disseminados tipos de Objetos de Aprendizagem são as simulações computacionais de experimentos de física, que estão disponíveis para utilização em diversos contextos. Mas infelizmente seu uso em sala de aula está longe de ser uma realidade, particularmente no Ensino Médio. Ainda que elas não devam substituir experimentos reais, pesquisas indicam que seu uso combinado à atividade experimental pode tornar mais eficiente o processo de aprendizagem dos alunos.” [Arantes et al, 2010]

O objetivo principal do presente trabalho é apresentar dois roteiros de atividades para facilitar o ensino das Leis de Newton, que incluem a utilização de simuladores computacionais. Como objetivos específicos queremos auxiliar, o professor na utilização de ferramentas computacionais e os estudantes na compreensão de problemas que envolvam os conceitos de forças e movimento.

Os roteiros de atividades propostos utilizam alguns simuladores do PhET (*Physics Education Technology*), e são baseados nos três momentos pedagógicos propostos por Demétrio Delizoicov em [Delizoicov, 1991]: 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 na qual formulamos o problema físico matematicamente e explicamos os conceitos científicos envolvidos. 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 problema foi bem aceita pelos estudantes.

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

O trabalho de [Sokoloff e Thornton, 1997], disponibiliza uma sequência didática que tem pontos em comum com o trabalho de [Delizoicov, 1991].

Em [Sokoloff e Thornton, 1997], os autores apresentam uma sequência didática para o ensino de forças e movimento usando a metodologia ILD (*Interactive Lecture Demonstrations*). A metodologia ILD é centrada no estudante, onde ele é instigado a prever o resultado de um experimento, observar a demonstração e discutir o resultado relacionando as suas expectativas. As demonstrações são selecionadas de forma a contradizer conceitos enraizados, gerando um conflito a fim de promover um processo de mudança de conceito.

Para que o conhecimento científico vigore sobre o senso comum devemos mostrar com práticas que as teorias científicas são aplicáveis. A Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, da LDB (Lei de Diretrizes e Bases), traz em seu artigo 35, inciso IV a determinação de que a teoria e prática devem estar relacionadas: “O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades, dentre outras: a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.”

Quando lecionamos dando sentido prático às teorias físicas, despertamos o interesse do estudante tornando assim a aula mais agradável. Além disto é uma determinação legal. O artigo 36 da Lei nº 9.394 deixa bem claro em seus incisos I e II que o currículo do ensino médio observará algumas diretrizes dentre elas: “destacar a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência” e “adotará metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes”, conforme [portal.mec, 2016].

A metodologia usada na sala de aula é muito importante e estimula o estudante caso seja usada de forma correta. Um exemplo disto é quando se fala na sala de aula, “imaginem um menino em um skate”, no intuito de buscar uma situação real para embasar suas considerações acerca do conteúdo. Uma parte da sala nunca observou de uma forma mais detalhada esta situação, não tendo significado algum. Enquanto uma outra parte fica muito atenta pois é um exemplo de seu cotidiano. Um dos objetivos específicos deste trabalho é sugerir que o professor use simulações como exemplos em sua aula para minimizar estas diferenças no entendimento, despertando assim a atenção de mais estudantes.

O presente trabalho está dividido da seguinte maneira. O Capítulo 1 apresenta uma introdução e os objetivos do trabalho. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica do presente trabalho e os conteúdos físicos abordados. O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada na confecção dos roteiros de atividades. O Capítulo 4 apresenta o relato da aplicação dos roteiros propostos e alguns resultados. O Capítulo 5 apresenta as considerações finais do presente trabalho. O Apêndice A apresenta o roteiro de atividades para a Primeira Lei de Newton e o Apêndice B, o roteiro de atividades para a Segunda Lei de Newton.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Atualmente a maioria das pessoas tem acesso à Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), em casa, no trabalho ou na escola. Elas estão disponíveis em computadores, televisores, *tablets*, *smartphones* e é assim que estamos nos comunicando. Desta forma, os processos pedagógicos precisam seguir esse movimento, acompanhando a evolução na forma de se comunicar.

Este capítulo apresenta uma breve fundamentação teórica para este trabalho. A Seção 2.1 apresenta a fundamentação pedagógica deste trabalho e uma breve revisão a respeito do uso da informática no processo de ensino-aprendizagem. A Seção 2.2 apresenta os conceitos de força e movimento, que são os temas dos roteiros de atividades elaborados durante este trabalho.

2.1. A construção do conhecimento

O indivíduo adquire o conhecimento a partir da aprendizagem e isto pode se dar de formas distintas. Aprendizagem significativa, segundo Moreira em [Moreira, 2012], é definida como um conhecimento que o aprendiz já tem.

“Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe.” [Moreira, 2012]

A aprendizagem significativa pode ser facilitadora. No entanto, pode ser um obstáculo no processo de ensino-aprendizagem, pois o conhecimento prévio pode não estar correto, como ele comenta.

“Portanto, dizer que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos não significa dizer que é sempre uma variável facilitadora. Normalmente sim, mas pode, em alguns casos, ser bloqueadora.” [Moreira, 2012]

Além disso, a aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem correta. Peduzzi em [Peduzzi et al, 1992] trata das concepções alternativas, ou seja, concepções intuitivas, espontâneas. Segundo os autores tais concepções interferem muito na aprendizagem, no que diz respeito do conhecimento e de sua construção.

2.1.1 Aprendizado científico versus senso comum

Cada pessoa vê o mundo de uma forma diferente e esta visão está associada a formação de cada indivíduo. Cada um de nós traz consigo sua experiência de vida e junto dela seus conhecimentos, chamado de senso comum. Este conhecimento explica situações bem particulares que cada pessoa vivencia e deve ser respeitado. Em especial ao tratarmos o conhecimento que nossos estudantes trazem para a sala de aula.

O pesquisador Juliano Camillo em [Camillo, 2015], enfatiza que o professor da atualidade não pode mais ser visto como alguém que tem o conhecimento e o ensinará, mas sim um mediador. Também ressalta que o ensino de ciências não pode ser algo isolado, tem que ser ministrado de forma que faça sentido para o estudante, que tenha aplicabilidade em sua vida e que resolva problemas da sociedade.

“Temos um discurso de que o conhecimento científico leva necessariamente à atuação na coletividade, mas ao mesmo tempo só ensinamos conceito científico isolado do resto do mundo. É preciso problematizar essa relação”. [Camillo, 2015]

No presente trabalho queremos diminuir a distância entre o conhecimento científico e o cotidiano por meio do uso das TICs em sala de aula. Em [Rosa, 2013], a autora cita algumas dificuldades encontradas por docentes quanto ao uso das TICs. Por exemplo, a falta de domínio das tecnologias, número de aulas, quantidade de conteúdo a ser trabalhado e receio por parte dos professores de não corresponder às expectativas dos alunos. Além disso [Rosa, 2013] cita Peixoto que enfatiza que o professor e o aluno tem que se apropriar das TICs utilizando-as para construção do conhecimento.

“...o sentido mais amplo da tecnologia não se refere só à sua utilidade funcional. É preciso ter em mente que a tecnologia ao servir a determinada prática pedagógica, os sujeitos envolvidos experimentem a tecnologia de modo a incorporá-la. Isso significa que tanto professores e alunos precisam se apropriar das TIC de forma que sua utilização e a construção do conhecimento se efetuem como co-criação e não simplesmente como transmissão. Para tanto, o docente precisa atuar com base em um novo paradigma, não mais como apenas transmissor de informação, mas na criação de situações de aprendizagem nas quais o aluno realiza atividades e constrói o seu conhecimento.” [Peixoto et al, 2007, apud Rosa, 2013]

Em [Gehlen et al, 2012] os autores se referem ao trabalho de Delizoicov enfatizando a necessidade da aproximação entre os problemas investigados e os problemas enfrentados.

“Além das aproximações entre Freire e Vygotsky presentes na literatura, no campo teórico, outras articulações mostraram-se possíveis no campo pedagógico, como é o caso da complementaridade entre as etapas de planejamento e desenvolvimento em sala de aula da abordagem temática freireana e da Situação de Estudo. Contudo, é preciso investigar essas articulações teóricas no contexto da Educação Básica, isto é, há necessidade de "uma maior aproximação dos problemas investigados pelo Ensino de Ciências com aqueles enfrentados pelo Ensino de Ciências" [Delizoicov, 2004, apud Gehlen et al, 2012]

Em geral, ao apresentarmos o conhecimento científico estendido a diferentes situações, o estudante pode verificar o conhecimento dele já não é válido e isso gera um grande conflito. Identificar as situações em que o estudante usa sua experiência para explicar situações do cotidiano e apresentar o conhecimento científico que abrange estas situações e qualquer outra que possa ser imaginada é tarefa do professor. Para isto é importante estarmos atentos aos vários comentários feitos pelos estudantes em sala de aula.

O senso comum afeta de forma significativa o processo de aprendizagem de cada estudante. O processo de desconstrução de um conceito que não está correto não é uma tarefa fácil e pode ser traumático. É mais difícil desconstruir um conceito incorreto do que ensinar um conceito correto. Em [Zylbersztajn, 1983] o autor comenta a respeito destas concepções alternativas, como por exemplo, crenças, princípios intuitivos e significados atribuídos a palavras. Ele deixa claro que estas concepções não podem ser desprezadas e que estão muito bem enraizadas na forma de pensar dos estudantes, pois são construídas ao longo da vida. Ele ressalta que, tradicionalmente alguns professores e pesquisadores dão pouca atenção à existência de tais concepções, considerando-as pura e simplesmente como erros que são facilmente corrigíveis. No entanto, os professores devem estar atentos para que não haja estruturas de conhecimento superpostas, onde os estudantes optem por um conhecimento científico ou uma concepção alternativa, dependendo da situação aplicada, [Zylberstajn, 1983]. Dessa forma, o estudante usa o senso comum para situações cotidianas e usa o conhecimento científico, para resolver os problemas propostos em sala de aula. Essa separação pode acarretar no desinteresse dos estudantes, pois eles podem acreditar que o conhecimento científico, visto em sala de aula, não está relacionado a realidade deles.

Para que o conhecimento científico prevaleça é necessário que seja feita uma conexão entre ele e o senso comum. Ou seja, apresentar situações que sejam do cotidiano dos estudantes e estender para situações mais gerais. Em [Gehlen et al, 2012] os autores citam a proposta de Paulo Freire.

“Na abordagem temática freireana, a escolha do problema que passa a organizar todo o processo didático-pedagógico segue a investigação temática, em que a problematização consiste em abordar determinados problemas que são manifestações de contradições locais.” [Freire, 1987, apud Gehlen et al, 2012]

É importante esclarecer para os estudantes que uma teoria que possa explicar um fenômeno físico em situações diversas é mais adequada que uma que explique somente situações particulares. Para isto eles devem aprender os conceitos físicos e se apropriar do conhecimento científico. Entender como o indivíduo aprende e definir o termo aprendizagem é muito importante e este conceito, tem sido foco de estudo de alguns autores. Em [Junior, 2005] o autor cita Gagné e defende que a aprendizagem vem em forma de mudanças comportamentais.

“A aprendizagem é inferida quando ocorre uma mudança ou modificação no comportamento, mudança esta que permanece por

período relativamente longo durante a vida do indivíduo”. [Gagné, 1980, apud Junior, 2005]

Em [Ribeiro e Carvalho, 2012] as autoras comentam sobre a autonomia no processo de aprendizagem em Educação à Distância e da necessidade de se investir em qualidade do ensino.

“Campos (1991) e Rocha (1980) expressam que aprendizagem pode ser definida como uma modificação sistemática do comportamento, com um sentido de progressiva adaptação ou ajustamento, ou ainda, como uma mudança relativamente permanente em uma tendência comportamental ou na vida mental do sujeito, resultantes de uma prática reforçada.” [Ribeiro e Carvalho, 2012]

Neste sentido, devemos estar sempre nos adaptando para ensinar. Aprendendo novas formas de ensinar e interagindo com os estudantes de forma adequada a realidade deles.

2.1.2 *Informática na educação*

O uso das TICs na educação hoje já é muito difundido, embora ainda possa ser melhor explorado. Um dos pioneiros no uso da informática na educação foi Seymour Papert (1928 - 2016). Teórico muito conhecido no uso de computadores na educação. Ele criou a linguagem de programação LOGO (em 1967), a versão inicial era para crianças e os computadores tinham poucos recursos. Seymour Papert caracterizou o termo construcionismo como sendo uma abordagem do construtivismo. Sendo assim o estudante construiria o seu próprio conhecimento com o auxílio de alguma ferramenta, neste caso o computador. Assim, os computadores são defendidos como auxiliares no processo de construção de conhecimentos, uma poderosa ferramenta educacional, [wiki, 2016].

O movimento do uso da informática na educação no Brasil, iniciou-se na década de 70 em algumas universidades como: UFRJ, UNICAMP e UFRGS. Porém a implantação do programa de informática na educação no Brasil teve início com o primeiro e segundo Seminário Nacional de Informática em Educação, realizados respectivamente na Universidade de Brasília em 1981 e na Universidade Federal da Bahia em 1982. Esses seminários estabeleceram um programa de atuação que originou o EDUCOM (Educação e Computador) uma sistemática de trabalho diferente de quaisquer outros programas educacionais iniciados pelo MEC (Ministério da Educação e Cultura), conforme [Valente e Almeida, 1997].

Desde então as tecnologias de informação e comunicação crescem e se difundem cada vez mais. O MEC afirma que houve um grande avanço neste sentido.

“Com a acessibilidade a internet facilitada então houve um grande salto neste sentido. Atualmente ainda que de uma forma singela as TICs estão presentes na maioria das escolas.” [portal.mec2, 2016]

Atualmente temos duas gerações na sala de aula. A geração dos docentes que cresceu com o desenvolvimento da tecnologia computacional e a geração dos estudantes que já nasceu em um período de tecnologia computacional diversificada e conectada. Mesmo tão presente no cotidiano de cada um de nós, o uso de ferramentas computacionais em sala de aula ainda é visto com preconceito. Em [Nogueira et al, 2013] os autores destacam a importância do uso das TICs em sala de aula, bem como, em todo o meio social. Eles destacam que o professor tem que ser um mediador entre o conhecimento e o aluno.

“A utilização do computador como ferramenta de ensino não se resume apenas a presença da máquina em ambiente escolar, seu uso deve estar vinculado às atividades administrativas e principalmente pedagógicas das escolas, onde os alunos possam ser incentivados a ir além do conhecimento e uso técnico desta máquina, ou mesmo do seu uso para o entretenimento. O intermédio do professor neste caso é fundamental para que os alunos sejam direcionados ou motivados a utilizar as facilidades proporcionadas pela tecnologia para ampliar seus conhecimentos, aproveitando principalmente a facilidade ao acesso de informações.” [Nogueira et al, 2013]

Não podemos simplesmente ignorar as ferramentas computacionais que temos disponíveis, elas estão em toda parte e podem ser muito úteis se usadas de forma adequada. Tanto o docente quanto o estudante estão em uma situação de ensinar e aprender. A educação é uma via de mão dupla. Ainda mais quando o assunto é associado à informática e estamos lidando com uma geração que já nasceu em meio à tecnologia computacional. Entretanto, alguns jovens dessa geração apenas a utilizam para acessar e interagir em redes sociais. Neste contexto os professores estão tentando acompanhar esta tendência aprendendo para poder interagir. Em [Mercado, 1998] o autor destaca a importância de atualizarmos a forma de ensinar e aprender.

“Com as novas tecnologias, novas formas de aprender, novas competências são exigidas, novas formas de se realizar o trabalho pedagógico são necessárias e fundamentalmente, é necessário formar continuamente o novo professor para atuar neste ambiente telemático, em que a tecnologia serve como mediador do processo ensino-aprendizagem.” [Mercado, 1999]

Dessa forma, o ideal é que o docente tenha condições para criar o hábito de utilizar as ferramentas computacionais no cotidiano da sala de aula. Assim, tanto o estudante quanto o docente podem agir de forma mais natural com tais ferramentas. Em [Borba, 2016] o autor defende o uso da informática na educação de forma bem profunda. Ele enfatiza em suas citações que desde muito cedo, o computador deve ser usado para alfabetizar ou aprender a ler.

“O acesso à informática deve ser visto como um direito e, portanto, nas escolas públicas e particulares o estudante deve poder usufruir

de uma educação que no momento atual inclua, no mínimo, uma alfabetização tecnológica. Tal alfabetização deve ser vista não como um curso de Informática, mas, sim, como um aprender a ler essa nova mídia. Assim, o computador deve estar inserido em atividades essenciais, tais como aprender a ler, escrever, compreender textos, entender gráficos, contar, desenvolver noções espaciais etc. E, nesse sentido, a Informática na escola passa a ser parte da resposta a questões ligadas à cidadania”. [Borba, 2016]

Entretanto, as TICs em sala de aula ainda são usadas em situações esporádicas. A UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) tem defendido o uso destas tecnologias na educação e alerta sobre a necessidade de aperfeiçoamento dos docentes. Em [UNESCO, 2016], podemos perceber que a organização enfatiza que o Brasil precisa melhorar a competência dos professores para usar as TICs na educação. Além disso, afirma que a forma como o sistema educacional incorpora as TICs afeta diretamente a diminuição da exclusão digital existente no país.

Dessa forma, primeiramente são necessárias melhorias nas condições de trabalho dos professores. Além disso, são necessários investimentos e incentivo para a formação dos professores, para capacitá-los no uso de novas tecnologias computacionais. Assim pode-se minimizar o confronto entre professor-aluno e o professor poderá interagir com os estudantes falando a mesma linguagem. Existem atualmente alguns investimentos na área de capacitação de professores no Brasil que são divulgados no Portal do Professor, [portal.mec3, 2016].

Atualmente existem os programas PROINFO- INTEGRADO e o Mídias na Educação. Eles disponibilizam cursos de formação em introdução à educação digital e tecnologias na educação. O objetivo é estimular a formação continuada para o uso pedagógico das diferentes TICs.

No V Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2016), [Lopes et al, 2016], destacam o uso da Realidade Virtual, que é uma tecnologia de interface avançada entre um usuário e um sistema operacional. A realidade virtual recria ao máximo a sensação de realidade para o usuário. Os autores sugerem o uso desta ferramenta no processo de ensino e aprendizagem de programação. Utilizando realidade virtual, podemos diminuir a quantidade de objetos e situações que o estudante tem que imaginar, no processo de ensino-aprendizagem. Porém eles ressaltam que predominantemente as abordagens pedagógicas são focadas em práticas tradicionais: por meio de livros, testes, trabalhos práticos e projetos. Desta forma, o uso de técnicas alternativas, como por exemplo, as simulações por meio de jogos digitais podem deixar as aulas mais atrativas.

Na experiência de [Costa, 1015], o uso de jogos digitais apresentou aspectos positivos, proporcionando uma aula de Física diferente da convencional, chamando a atenção dos alunos e despertando sua curiosidade. Ele comenta que a partir do vídeo game foi possível trazer conteúdos aos alunos de forma interativa e instigando a participação dos estudantes de forma ativa, diferente da posição que eles costumam assumir em uma aula convencional.

Uma outra ferramenta muito usada na educação são os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA). Eles são ambientes que utilizam plataformas planejadas para o ensino aprendizagem. Uma das mais usadas é o *Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment)*. Nos AVAs estão disponíveis as áreas para apresentação de conteúdos em vídeo, animações, textos, recuperação de conteúdo, atividades para verificação de aprendizagem. Ele proporciona discussões em fóruns e *chats*.

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), conta com o Laboratório de Experimentação Remota (RExLab). Ele disponibiliza uma série de experimentos reais que são manipulados remotamente via *internet*, em tempo real.

No entanto, com toda estas opções à disposição, ainda há muito a ser feito principalmente no sentido de motivar os profissionais a procurarem as formações, podendo desta forma trabalhar de uma maneira mais envolvente com seu público.

2.2. Forças e movimento

A maioria dos estudantes chega ao Ensino Médio com alguns conceitos e princípios físicos e com alguma noção a respeito das leis de Newton. Em geral, os estudantes sentem dificuldades na compreensão destes conceitos pois estão acostumados a memorizar fórmulas, conforme [Filho, 2006]. Atrelar o conceito de movimento a força aplicada pode gerar confusão entre os estudantes, pois logo eles se defrontam com forças sendo aplicadas, no caso com atrito, não provocando movimento. Embora haja uma tendência de se valorizar mais a física moderna, as leis de Newton não podem ser consideradas ultrapassadas. Elas resolvem muito bem problemas do nosso mundo macroscópico, fornecendo respostas bem aceitáveis. O conteúdo desta seção é baseado nos textos de [Young, 2003], [Nussenzweig, 2002] e [Máximo, 2010].

2.2.1 Primeira Lei de Newton

Quando estudamos a Primeira Lei de Newton também conhecida como Inércia, podemos facilmente criar situações que trazem uma boa aplicabilidade a situações corriqueiras. Por exemplo, acidentes de automóveis envolvendo batidas traseiras, sacudir as mãos para retirar o excesso de água, retirar o molho de um recipiente com uma pancada brusca, são situações de fácil visualização. No entanto uma situação que requer do professor um pouco mais de atenção são as situações de Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) sem atrito. Não é comum para os alunos observarem movimentos em situações assim, em que um objeto se move sem a interação de forças.

Em geral, após uma breve motivação, enunciamos a Primeira Lei.

Primeira Lei de Newton: “*Na ausência de forças, um corpo em repouso continua em repouso e um corpo em movimento move-se com velocidade constante.*”

Para a primeira parte, que trata do repouso, podemos observar alguns objetos na sala de aula. Por exemplo, qualquer mesa está em repouso, ou seja, a mesa não se move. A maioria dos estudantes ainda não conhece a força peso ou a ideia de força resultante.

Uma forma de introduzir estes conceitos é feita por meio do seguinte experimento: empurra-se uma mesa, de forma que os alunos percebam que está sendo aplicada uma força sobre ela, mas não a ponto de movê-la. Depois inicia-se a discussão: porque a mesa não se moveu? A Lei enunciada por Newton estaria errada?

Neste momento definimos força resultante, que é a diferença entre a força aplicada e a força de atrito cinética, que possuem a mesma direção e sentidos opostos. Isto acontece pois estamos trabalhando em uma só direção, não se trata de soma pois a força de atrito tem sentido oposto ao deslocamento. Então o enunciado é feito levando em conta um somatório de forças nulo atuando sobre uma partícula.

Primeira Lei de Newton: *“Quando a resultante das forças que atuam sobre uma partícula for nula, se ela estiver em repouso, continuará em repouso; se ela estiver em movimento, continuará se deslocando com movimento retilíneo uniforme.”*

Dessa forma é mais fácil de compreender o que acontece, se o somatório das forças for nulo, não haverá mudança na Inércia de Repouso ou de MRU.

A massa de um corpo é medida da magnitude da quantidade de matéria que ele tem. A Inércia é a resistência que esta matéria oferece à aceleração. Podemos fazer uma relação entre a Inércia e a massa de um corpo, da seguinte forma:

“Quanto maior for a massa de um corpo, maior será sua Inércia, isto é, a massa de um corpo é uma medida da Inércia deste corpo.”

Dessa forma, podemos dizer que a massa de um corpo é diretamente proporcional à sua Inércia. Um exemplo é o caso de um menino que vai chutar duas bolas: uma de voleibol e outra de basquete. Após os chutes ele percebe claramente que acelerou com mais facilidade a bola de menor massa.

Tendo definida a Primeira Lei, é hora de trabalharmos a Segunda Lei. Neste momento, já definimos força. Podemos fazer comparações para saber quanta força é necessária para obter tal aceleração. Qual é a força que aparece acelerando os objetos na direção vertical e no sentido do chão? Qual força seria necessária para manter erguida uma pessoa, um carro, um avião?

2.2.2 Segunda Lei de Newton

As relações, conceitos e exemplos tratados na seção anterior podem ser enunciados da seguinte maneira.

Segunda Lei de Newton: *A força resultante que age sobre um corpo é igual ao produto da massa do corpo pela sua aceleração.*

Ou seja:

$$\mathbf{F}_R = m\mathbf{a} , \quad (2.1)$$

sendo \mathbf{F}_R a força resultante, m a massa do corpo e \mathbf{a} , a aceleração do corpo. Se a força resultante for zero, não temos aceleração. A aceleração é definida como a razão da variação da velocidade pela variação do tempo. Ao considerarmos o tempo inicial igual a zero temos,

$$\mathbf{a} = \frac{v-v_0}{t-t_0} . \quad (2.2)$$

Isolando a variável v obtemos,

$$v = v_0 + at, \quad (2.3)$$

sendo v a velocidade, v_0 a velocidade inicial e t o tempo.

Por meio da segunda lei podemos trabalhar a força peso. Para isso precisamos definir a força gravitacional. A força gravitacional é a atração que existe entre todos os objetos. A força Peso é consequência da força de atração que o planeta faz sobre estes objetos. Assim, da equação (2.1) temos que:

$$P = mg, \quad (2.4)$$

onde P é a Força Peso e g a aceleração da gravidade, que é aproximadamente constante na terra.

Inicialmente, vamos trabalhar situações sem a força de atrito. Desta forma teremos problemas mais simples para que os estudantes possam entender com mais facilidade o conteúdo. Na sequência incluímos o atrito nas questões dando-lhe ênfase, pois é um de nossos objetos de estudo. Podemos definir a força necessária para um corpo adquirir certa aceleração, calcular a massa a partir da força aplicada e sua aceleração ou calcular a força aplicada tendo massa e aceleração. Trabalhadas estas questões podemos iniciar com as explicações a respeito de força de atrito e força normal.

Força de atrito e força normal:

Quando empurramos ou puxamos um determinado objeto (ou corpo) tentando movê-lo, percebemos que temos uma certa dificuldade para colocá-lo em movimento. Essa dificuldade deve-se à força de atrito. A força de atrito é uma força que se opõe ao movimento de objetos que estão sob a ação de uma força. Ela age paralelamente à superfície de contato do objeto e em sentido contrário ao sentido da força aplicada sobre o objeto. A Figura 2.1 apresenta um objeto sobre uma superfície e o sentido da força aplicada e o sentido da força de atrito.



Figura 2.1: Sentido da força de atrito (F_a) e da força aplicada (F).

Força de atrito estático. Suponha que o objeto da Figura 2.1 esteja em repouso, mas queremos colocá-lo em movimento. Aplicamos uma força F , mas o objeto não se move, pois existe a força de atrito. A medida que aplicamos uma força e o objeto, mesmo sob a ação dessa força não se movimenta, temos a força de atrito estático. Existe um valor máximo de F em que o bloco fica parado, na iminência de movimento. Nesse ponto, a força de atrito estático é máxima. Só haverá movimento quando a força F for superior a esta força. A força de atrito estático é calculada por meio da expressão:

$$F_{est} = \mu_{est}N, \quad (2.5)$$

o F_{est} é a força de atrito estático, μ_{est} o coeficiente de atrito estático e N a força normal.

Força de atrito dinâmico. A partir do movimento iniciado, o objeto ficará sujeito à força de atrito dinâmico, que somente atua sobre objeto se o mesmo estiver em

movimento e atua no sentido contrário ao movimento do objeto. A força de atrito dinâmico é calculada por meio da expressão:

$$F_d = \mu_d N, \quad (2.6)$$

o F_d é a força de atrito dinâmica ou cinética, μ_d o coeficiente de atrito dinâmico e N a força normal. Os coeficientes de atrito estático e dinâmico são grandezas adimensionais, ou seja, não possuem unidade de medida e são representadas apenas pelo seu valor numérico. É importante observar que o atrito dinâmico sempre será menor do que o atrito estático máximo:

$$\mu_{est} > \mu_d \quad (2.7)$$

Dessa forma, para colocar um objeto em movimento é preciso fazer mais força do que para mantê-lo em movimento.

O atrito, muitas vezes, é visto como algo negativo. Por exemplo, o atrito provoca desgaste em peças de máquinas, em solas de sapato, para vencer o atrito os automóveis gastam mais combustível, entre outros. Porém, sem o atrito, seria impossível realizar algumas atividades essenciais, como andar ou colocar um automóvel em movimento. Uma pessoa, ao caminhar, empurra o chão para trás com os seus pés. Isso faz com que surja uma força atrito no sentido contrário, ou seja, o chão passa a exercer uma força sobre a pessoa, empurrando-a para frente. Se não houvesse o atrito, iria ocorrer algo de forma semelhante à quando se tenta andar sobre um chão muito bem encerado ou com sabão, as pessoas iriam escorregar e não conseguiriam andar. Quando as rodas de um automóvel começam a girar, passa a existir um atrito entre elas e o chão as impulsiona para frente. Se não houvesse o atrito, as rodas iriam girar, mas o carro não iria se movimentar. Se o atrito for apenas dinâmico o carro não se movimenta. A Figura 2.2 ilustra o sentido da força de atrito se opondo ao movimento da roda.

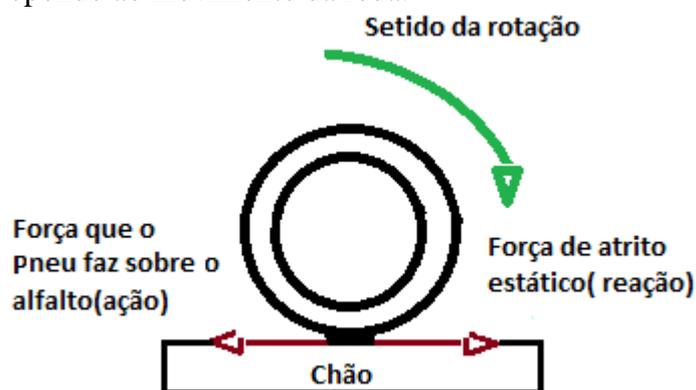


Figura 2.2: Sentido da força de atrito na roda de um automóvel.

No primeiro ano do ensino médio é comum o professor encontrar dificuldades para trabalhar com o conceito de força de atrito. Uma das nossas sugestões é que este conceito seja introduzido por meio de diversos problemas que estejam ligados à realidade dos estudantes. Por meio da problematização podemos apresentar aos estudantes que a força de atrito se opõe ao movimento e depende da natureza das superfícies dos materiais que estão interagindo, ou seja, do coeficiente de atrito, que é proporcional à força normal e que transforma a energia cinética do corpo em outro tipo de energia que é liberada ao meio como calor e barulho.

2.2.3 Aplicações no plano inclinado

A extensão das leis de Newton para problemas de aplicação que envolvam superfícies inclinadas exige que os estudantes tenham uma noção sobre a decomposição de vetores no plano cartesiano. A Figura 2.3 apresenta três exemplos de decomposição da força peso. Das relações trigonométricas, temos que:

$$F_x = \|\mathbf{P}\| \operatorname{sen}\theta, \quad (2.8)$$

$$F_y = \|\mathbf{P}\| \operatorname{cos}\theta, \quad (2.9)$$

F_x é a componente da força peso em relação ao eixo x do plano cartesiano, F_y é a componente da força peso em relação ao eixo y, $\|\mathbf{P}\|$ é o módulo da força peso e θ o ângulo entre o eixo x e a força peso. As componentes da força peso são perpendiculares, uma é paralela à superfície (plano inclinado) e a outra é perpendicular. A componente F_y , perpendicular à superfície tem sentido oposto e mesma intensidade da força normal. A componente F_x , paralela à superfície é responsável pela aceleração do objeto.

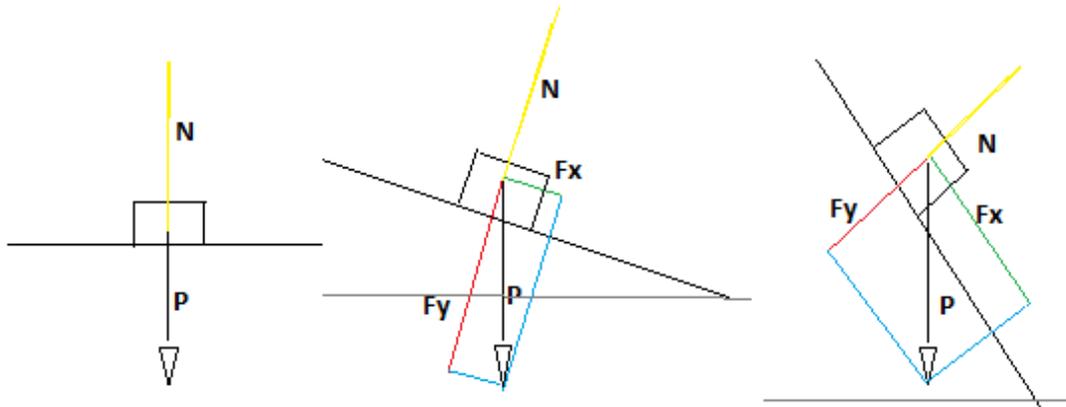


Figura 2.3: Exemplo de decomposição da força peso.

Na primeira imagem da Figura 2.3 temos o caso em que a superfície não possui inclinação. Nesse caso, o ângulo é zero e a força normal é igual a força peso em intensidade e direção. Usando (2.8) temos para F_x :

$$F_x = \|\mathbf{P}\| \operatorname{sen}0^\circ \Rightarrow F_x = \|\mathbf{P}\| \cdot 0 \Rightarrow F_x = 0. \text{ Para } F_y, \text{ usando a equação (2.9) temos:}$$

$$F_y = \|\mathbf{P}\| \operatorname{cos}\theta \Rightarrow F_y = \|\mathbf{P}\| \operatorname{cos}0^\circ \Rightarrow F_y = \|\mathbf{P}\| \cdot 1 \Rightarrow F_y = \|\mathbf{P}\| = \|\mathbf{N}\|.$$

Desta forma, a força resultante ou o somatório de forças, é a força aplicada menos a força de atrito, ou seja:

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F} - \mathbf{F}_a. \quad (2.10)$$

Na segunda e na terceira imagem da Figura 2.3, temos dois casos de superfícies inclinadas. Sendo assim a força normal não é mais igual em módulo e direção a força peso. Nesta situação quem tem mesmo módulo e sentido da força normal e a componente F_y , porém com sentido oposto. Para calcularmos o módulo da força de atrito precisamos do módulo da força normal pois eles são proporcionais, $\|\mathbf{F}_a\| = \|\mathbf{N}\| \cdot \mu_a$. Então temos uma força de atrito que depende do cosseno do ângulo de inclinação, $F_y = \|\mathbf{P}\| \operatorname{cos}\theta$, e por consequência, quanto mais o ângulo se aproxima de 90° mais a força normal tende a

zero. Anulando desta forma a força de atrito. Por meio das expressões dadas em (2.8) e (2.9) verificamos que quanto mais inclinada for a superfície menor é a força normal. Quando estamos em um lugar plano a força normal possui a mesma intensidade da força peso. Quando a força normal diminui com o aumento da inclinação, conseqüentemente a força de atrito estático máxima diminui, pois ela é diretamente proporcional à força normal (2.5). Isso causa um decréscimo na força de atrito que conseqüentemente facilita o escorregar.

Capítulo 3

Metodologia

Neste Capítulo apresentamos uma metodologia para o processo de ensino aprendizagem das leis de Newton que originou dois roteiros de atividades. Os roteiros propostos encontram-se nos apêndices A e B e são baseados nos três momentos de aprendizagem descritos por [Delizoicov, 1991]: Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e a Aplicação do Conhecimento, descritos no Capítulo 2. A Seção 3.1 apresenta a metodologia utilizada na elaboração dos roteiros de atividades propostos no Capítulo 1. Nos momentos pedagógicos Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento foram propostas atividades com o uso de simuladores computacionais. A Seção 3.2 faz uma breve apresentação dos simuladores computacionais utilizados nas atividades propostas.

3.1. Roteiros de atividades

Os roteiros são compostos por uma sequência didática de atividades que incluem os três momentos pedagógicos de [Delizoicov, 1991]. As atividades incluem discussão de textos que apresentam problemas do cotidiano e que envolvem as leis do movimento de Newton. A intenção dos roteiros é auxiliar o professor a trabalhar com o simulador, com o intuito de facilitar a compreensão de conceitos físicos pelos estudantes. No apêndice A são abordadas questões relacionadas a Primeira lei de Newton, nele tem proposta para o professor trabalhar em sala com lista de atividades e questões para serem respondidas na sala de informática, com o auxílio do simulador. O apêndice B trata da Segunda Lei de Newton e aborda situações que incluem o plano inclinado. Ambos os roteiros tem situações com e sem atrito.

Para a etapa da **Problematização Inicial** foi feita uma pesquisa sobre alguns problemas que estejam mais próximos da realidade dos estudantes. Problemas que tenham ligação com os conceitos envolvidos nas Leis de Newton. O objetivo desta etapa foi selecionar problemas relacionados ao conteúdo a ser trabalhado, que estejam inseridos no cotidiano do estudante. A partir da apresentação dos problemas, o objetivo passa a ser conectar conceitos físicos que estejam associados ao problema. A intenção da problematização inicial é fazer com que o estudante consiga associar o problema ao seu conhecimento prévio e discutir problemas do cotidiano. Em [Gehlen et al, 2012] os autores afirmam que na dinâmica dos três momentos pedagógicos de [Delizoicov, 1991], a problematização inicial caracteriza-se por apresentar situações reais que os alunos conhecem e vivenciam. É nesse momento que os estudantes são desafiados a expor os seus entendimentos sobre determinadas situações significativas que são manifestações de contradições locais e que fazem parte de suas vivências [Freire, 1987].

A problematização tem um papel importantíssimo neste processo pois é neste momento que despertamos o interesse dos estudantes. Quando esta etapa é bem sucedida, as demais atividades seguem com boa perspectiva de trabalho. Para isso é importante que

os problemas selecionados tenham relação com o cotidiano para que os estudantes façam as conexões entre a teoria e a vida real. Desta forma, os estudantes se motivam na compreensão dos conceitos, pois agora estes conceitos serão úteis para explicar problemas que eles já vivenciaram. Com motivação esta compreensão vai prepará-los para resolver novos problemas. As orientações do PCN+ são de que a física não pode ser apresentada aos estudantes como algo alheio a eles, mais sim algo que possa mudar sua forma de pensar e agir, [PCN+, 2006]. Uma vez que o estudante assimilou de fato o conhecimento ele pode estar usando-o para facilitar suas tarefas, prever situações futuras, transformando este conhecimento em uma ferramenta.

Depois que os estudantes compreenderam o problema é hora de trabalhar os conceitos físicos envolvidos. Este é o momento de **Organizar o Conhecimento** científico. Nesta etapa formulamos o problema físico matematicamente, ou seja, formulamos o modelo matemático. Em [Gehlen et al, 2012] os autores afirmam que inicialmente temos a seleção e organização dos conteúdos iniciados pela problematização, em que os conceitos científicos são o objetivo comum a ser alcançado.

“A abordagem dos conceitos científicos é ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático quer da aprendizagem dos alunos, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam, de um lado, a seleção e organização do rol de conteúdos, ao serem articulados com a estrutura do conhecimento científico, e, de outro, o início do processo dialógico e problematizador.”
[Delizoicov et al, 2002 apud Gehlen et al, 2012]

Para que haja um aprendizado deve haver uma disputa entre o conhecimento do estudante e o conhecimento científico. O estudante deve perceber que o conhecimento dele, pode não ser suficiente para explicar as situações requeridas. E como na ciência há uma revolução, em que uma teoria pode ser abandonada quando não é capaz de explicar algumas situações mais complexas. [Delizoicov, 1991] afirma que o conhecimento se dá a partir da quebra de paradigmas.

“[...] o conhecimento prevalente do educando - particularmente o caracterizado pelas concepções alternativas - implica na continuidade do conhecimento vulgar para interpretação dos fenômenos. A aquisição dos paradigmas da Ciência deverá ocorrer num processo de ruptura com aquele conhecimento prevalente para que seja possível a continuidade da interpretação dos fenômenos, via conhecimento produzido pela Ciência e não pelo conhecimento vulgar.” [Delizoicov, 1991]

No momento da **Aplicação do Conhecimento** deve ser feita uma fase de diagnóstico, para verificar se o estudante é capaz de resolver alguns problemas propostos. [PCN+, 2006] indica os estudantes após a conclusão do ensino médio sejam capazes de compreender e participar do mundo em que vivem.

“Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e

solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda assim terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem.” [PCN+, 2006]

Nas etapas da **Organização do Conhecimento** e da **Aplicação do Conhecimento** foram propostas atividades sugerindo-se o uso das simulações computacionais como ferramentas no processo de ensino aprendizagem. A Seção 3.2 apresenta os simuladores computacionais utilizados. As atividades propostas nos roteiros encontram-se no Apêndice A e no Apêndice B.

3.2. Simuladores Computacionais

Um simulador computacional resolve um problema real por meio de uma simulação. Dado um problema físico após a etapa de modelagem do problema, ou seja, após reescrevermos o problema por meio de equações, queremos resolvê-lo. Durante a simulação computacional o problema é resolvido por meio de métodos matemáticos que são programados em um computador. Uma das principais vantagens é a praticidade quanto as mudanças de variáveis que podem ser incorporadas instantaneamente. Entretanto podemos perceber que os experimentos são idealizados. Os estudantes não podem tocar o experimento, colocá-lo em funcionamento, interagir diretamente. Em situações reais existe agentes externos que podem influenciar modificando os resultados. Diversos trabalhos investigaram sobre o uso de simulações computacionais como ferramenta no ensino. Em [Nogueira et al, 2013] os autores descrevem necessidade da formação de professores para o uso das TICs, na educação. Em [Stuart, 2014], o autor destaca a aprendizagem ativa baseada no aluno e em atividades colaborativas, uso de Games no ensino de Física. Em [Veit e Araujo, 2014] as autoras defendem a aprendizagem de Física auxiliada pelo uso das TICs. Em [Heckler et al, 2007] os autores apresentam o desenvolvimento e a aplicação de um material multimídia óptica para o ensino médio. Em [Coelho, 2002] o autor comenta a respeito do uso limitado e da falta de capacitação e tempo dos docentes para se adequarem a essa nova forma de ensinar, entre outros. Em [Souza e Dandolini, 2009] os autores citam os seguintes conceitos relacionados a simulação computacional.

“A simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com esse modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para a sua operação.” [Souza e Dandolini, 2009]

“A razão principal é que a construção e simulação de modelos têm muito a ver com o modo como o próprio conhecimento científico é testado e desenvolvido, através do ciclo: hipóteses, observação e planejamento, experimentação, e formação ou comprovações de leis e teorias. Assim podemos entender que simuladores reproduzem situações reais, porém sem agentes externos

influenciando. Com os simuladores podemos prever situações futuras, e estudar situações passada.” [Souza e Dandolini, 2009]

Os simuladores computacionais simulam situações reais. Se as simulações são interativas elas permitem que o usuário insira os dados de entrada do problema. Assim é possível estudarmos o comportamento da solução de um problema em diferentes situações. Portanto com o uso de simuladores computacionais interativos os estudantes passam a fazer hipóteses e experimentos. Segundo [Wieman et al, 2010], os simuladores interativos são ferramentas de aprendizado com grande potencial, pois podem melhorar uma aula e os esforços de um bom professor, mas não podem substituí-lo. Dessa forma, o uso de simulações computacionais como ferramenta de ensino devem ser parte de um projeto de atividades que direcione o estudante, motivando-o e desenvolvendo suas estratégias de resolução de problemas. Em [Wieman et al, 2010] os autores enfatizam que as simulações interativas voltadas para o ensino devem ser criadas de tal forma que o aprendizado do estudante esteja pautado em suas concepções prévias e relacionadas ao mundo real. Além disso, o trabalho cita as seguintes vantagens no uso de simuladores computacionais:

- 1) os simuladores podem ser utilizados em salas de aula onde o equipamento experimental não está disponível ou não é prático de configurar;
- 2) eles podem ser usados para fazer experimentos, mas não devem substituí-los;
- 3) fácil manuseio para se alterar dados de entrada;
- 4) podem ilustrar situações que não são visíveis a olho nu, e finalmente,
- 5) os estudantes podem repetir as simulações ou estendê-las fora da sala de aula para esclarecer e fortalecer sua compreensão.

Por outro lado, os resultados podem diferir das situações reais, pois dependem dos modelos matemáticos utilizados e estes podem ser simplificados. Dessa forma, os resultados dos experimentos vão sempre coincidir com as previsões matemáticas.

Segundo [Rehn et al, 2013], as simulações podem ajudar os estudantes a se comunicarem fornecendo uma visualização comum para se referir e construir significado comum. Os autores comentam que as simulações podem auxiliar de forma a despertar a curiosidade dos estudantes.

“Pode-se fornecer instruções que incentivem os alunos a discutir as características mostradas na simulação, negociar significado ou encontrar uma interpretação. Dependendo do contexto, as discussões mediadas pela simulação podem surgir naturalmente. Por exemplo, se um professor incentiva consistentemente os alunos durante as atividades da sala de aula, os alunos podem discutir as simulação sem solicitação adicional.” [Rehn et al, 2013]

No presente trabalho, os simuladores computacionais foram utilizados para auxiliar na resolução de problemas nos momentos pedagógicos da **Organização do Conhecimento** e da **Aplicação do Conhecimento**. Os simuladores computacionais utilizados no presente trabalho estão disponíveis em [PhET, 2006] e são desenvolvidos pelos integrantes do projeto PhET (*Physics Educational Technology*) Simulações Interativas da Universidade do Colorado.

O PhET oferece gratuitamente simulações computacionais de fenômenos físicos. Lá podemos encontrar uma seção destinada ao professor com sugestões de atividades usando os simuladores para o ensino, [teaching-resources, 2016].

O projeto de pesquisa não tem fins lucrativos e mantém-se por meio de doações. Estão disponíveis simuladores computacionais que envolvem problemas das áreas de Física, Química, Biologia e Matemática.

O trabalho de [Stephens e Clement, 2015], usando um dos simuladores do PhET, investiga a interação dos estudantes com os simuladores no ensino médio, orientados pelo professor. A metodologia utilizada caracteriza-se por indagação orientada, que se assemelha em partes com a metodologia usada neste trabalho. Os autores comparam o trabalho utilizando simuladores com pequenos grupos e com toda a sala. Nas discussões com toda a sala o tempo gasto para o entendimento foi menor. No entanto, perceberam que nos pequenos grupos os alunos ajudavam-se mutuamente em questões não entendidas. Os resultados apontam que os pequenos grupos conseguem compreender melhor os conceitos do que a sala inteira. Entretanto o tempo gasto foi maior. Dessa forma eles sugerem uma abordagem mista.

Na página do PhET, também podemos encontrar um tutorial para o uso de simuladores baseado na metodologia IDL, veja [Sokoloff e Thornton, 1997], Capítulo 1.

Os simuladores utilizados foram: **Força e Movimento: Noções Básicas**, nas opções **cabo de guerra**, que como próprio nome diz simula um cabo de guerra para trabalharmos somatório de forças. Usamos também a opção **movimento** para estudar a Inércia. Utilizamos esta simulação para mostrar para os estudantes que pode haver movimento quando a soma das forças é nula. O segundo foi: **Força e Movimento**, na opção **gráfico de forças**, utilizada para apresentar a força de atrito e suas implicações. Esta opção tem em seus recursos os gráficos que são criados simultaneamente com a simulação. Por último usamos o **Plano Inclinado: Força e movimento**, em que usamos a opção **introdução** para ilustrar o vetor da força normal em uma rampa, mostrando que ela diminui à medida que o ângulo de inclinação aumenta. Outras questões relacionadas a estas situações foram trabalhadas e elas estão descritas no Capítulo 4.

A seguir apresentamos um exemplo de atividade do roteiro no apêndice B. Esta questão tem como propósito mostra para o estudante que há uma força de atrito estática máxima, que quando excedida se transforma em atrito cinético. Ilustrando que a interação entre as partículas em movimento relativo é menor.

Questão: Pretende-se mudar de lugar um refrigerador de 200kg. O coeficiente de atrito estático é de 0,5. Qual deve ser a menor força aplicada na horizontal para movimentar o refrigerador?

Fazendo os cálculos podemos verificar que a força peso é de 1960N, se o coeficiente de atrito estático é de 0,5, e usado a equação (2.5) chegamos a força de atrito estática de 980N. Então só haverá movimento se refrigerador for empurrado com mais força que esta. Logo após o início do movimento o coeficiente de atrito passa a ser o cinético 0,2, usando a equação (2.6) encontramos a força de atrito cinética de 392N. A força resultante aumenta e com ela a aceleração.

Podemos trabalhar com uma situação enfatizando a força de atrito máxima, com o coeficiente de atrito estático (μ_{est}), neta mesma janela. Lembrando que a gravidade

terrestre no simulador é de $9,8\text{m/s}^2$. Aplicando-se 980N no refrigerador, ele não se move pois é a força de atrito máxima.

Com o uso do simulador podemos perceber que a medida que o tempo passa o objeto não se move, confirmando o cálculo dos exercícios. Uma das vantagens é que os estudantes podem verificar facilmente os vetores da força aplicada e força de atrito estática. Os vetores tem mesmo módulo e direção, porém sentidos opostos. Neste caso, existe força aplicada no entanto não há deslocamento. A Figura 3.1 apresenta esta situação, onde F_f representa força de atrito e F_a , força aplicada.

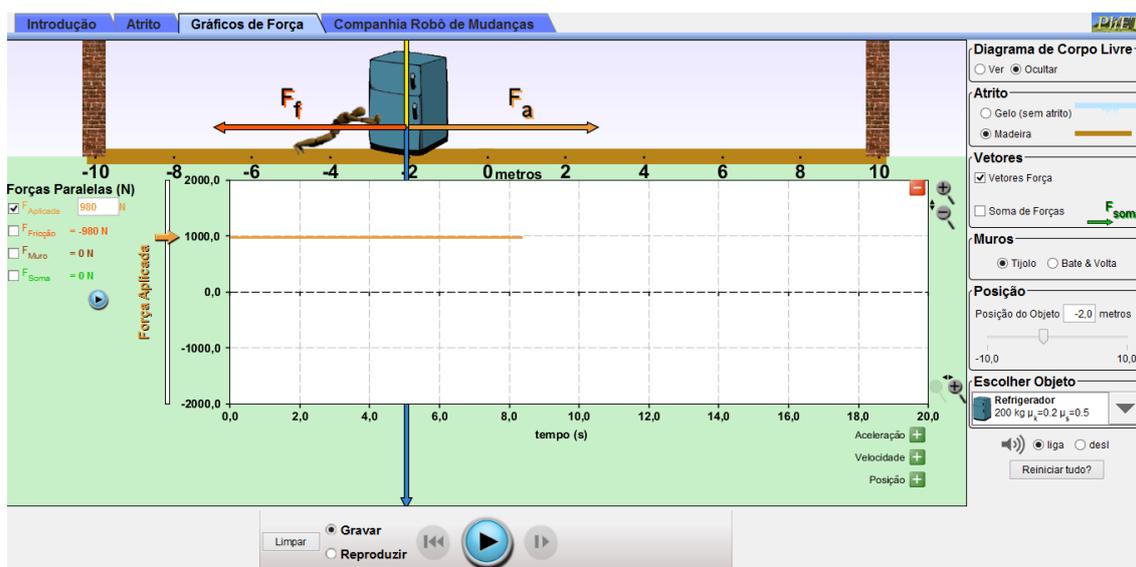


Figura 3.1: Situação em que a força de atrito é igual a força aplicada (<https://phet.colorado.edu>).

Um pouco mais de força foi aplicada e ele se moveu, por exemplo $980,1\text{N}$. Aplicando estes valores no simulador podemos perceber que chegamos a aceleração de $2,94\text{m/s}^2$. Ao trabalhar com o simulador podemos facilmente perceber a diferença entre o módulo dos vetores da força aplicada e a força de atrito cinética. Isto pode ser visto na Figura 3.2.

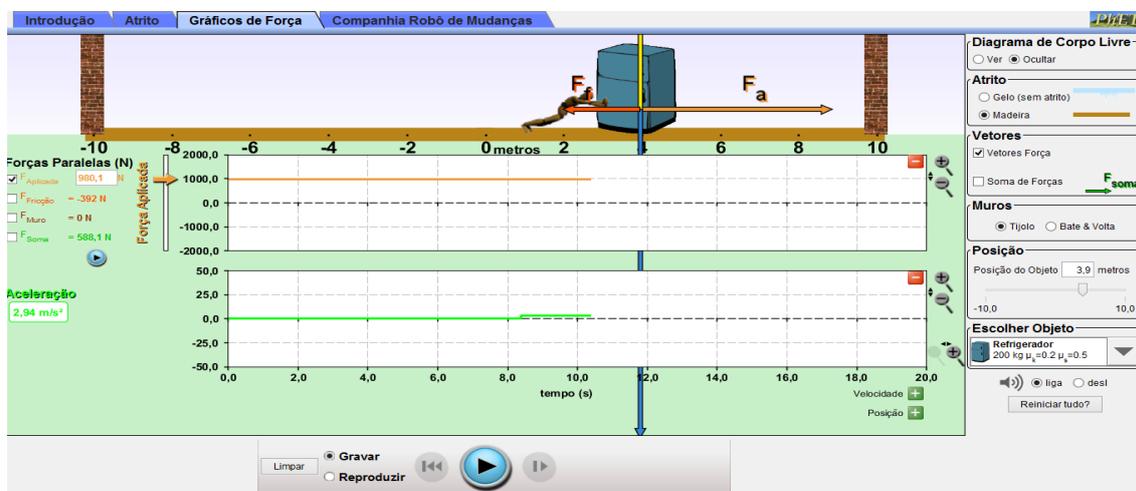


Figura 3.2: Situação em que a força aplicada maior que a de atrito máxima (<https://phet.colorado.edu>).

Fazendo um somatório de forças, temos

$$\Sigma F_x = F - F_a \Rightarrow \Sigma F_x = 980,1 - 980 \Rightarrow \Sigma F_x = 0,1N. \quad (3.1)$$

No entanto ao olharmos para o simulador concluímos que este cálculo não está adequado, pois o somatório das forças deve ser maior como facilmente observamos.

Quando a força aplicada é maior que a força de atrito estática máxima o coeficiente de atrito cai consideravelmente de 0,5 para 0,2 pois agora o coeficiente de atrito é o cinético. Diminuindo por consequência a força de atrito. Ela cai de 980N para 392N, reforçando o fato do coeficiente de atrito estático ser menor que o cinético. Usando a mesma equação (3.2), chegaram a:

$$\Sigma F_x = F - F_a \Rightarrow \Sigma F_x = 980,1 - 392 \Rightarrow \Sigma F_x = 588,1N. \quad (3.2)$$

Agora é só calcular a aceleração com o somatório de forças:

$$a = \frac{\Sigma F_x}{m} \Rightarrow a = \frac{588,1}{200} \Rightarrow a = 2,94 m/s^2. \quad (3.3)$$

Chegando a aceleração que é indicada pelo simulador.

Fazer este experimento realmente seria bem difícil. Em nossa escola não temos os instrumentos necessários para a realização do experimento. Demandaria de muito tempo até acertarmos os valores de entrada, pois muitos agentes externos influenciam na experiência. Para que todos os alunos pudessem observar teríamos de realizar o experimento várias vezes, aumentando conseqüentemente o tempo gasto. Enquanto no simulador a realização é simples, e podemos repetir quantas vezes for necessário para o estudante compreender em alguns instantes. Eles podem mudar os valores de entrada rapidamente e satisfazer suas curiosidades quanto a supostas diferentes situações.

Capítulo 4

Resultados

Este capítulo apresenta a descrição da aplicação dos dois roteiros didáticos que são os produtos educacionais do presente trabalho. Os roteiros foram aplicados em oito turmas do primeiro ano do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Médio Macário Borba, conhecida como Escola Jovem, localizada na cidade de Sombrio, Santa Catarina. As turmas se dividiram entre turmas regulares (alunos que permanecem na escola apenas um período) e turmas de período integral (alunos que permanecem na escola em dois períodos duas vezes por semana). As turmas regulares contavam com duas aulas de Física por semana (cada aula com tempo de quarenta e cinco minutos). Enquanto que as turmas integrais contavam com três aulas. O número de estudantes das turmas variou entre 15 e 35 alunos. O Capítulo está dividido da seguinte forma. A Seção 4.1 apresenta o relato da aplicação do roteiro 1, que trata da Primeira Lei de Newton com e sem atrito. A Seção 4.2 apresenta o relato da aplicação do roteiro 2, que trata da Segunda Lei de Newton com e sem atrito. Já a Seção 4.3 apresenta os resultados da avaliação da metodologia proposta, feita pelos estudantes.

4.1. Relato da aplicação do Roteiro 1: Primeira Lei de Newton

Nesta seção vamos relatar a aplicação do Roteiro 1, que é composto por uma sequência de atividades relacionadas às aplicações da Primeira Lei de Newton. A divisão desta seção segue os três momentos de aprendizagem descritos por [Delizoicov, 1991]: **Problematização Inicial**, **Organização do Conhecimento** e a **Aplicação do Conhecimento**. Na aplicação deste roteiro usamos seis aulas: uma aula para a Problematização Inicial, duas aulas para a Organização do Conhecimento e três aulas para a Aplicação do Conhecimento. O Roteiro 1 encontra-se no Apêndice A.

4.1.1. *Problematização Inicial*

Na primeira aula tivemos como objetivo motivar o estudo da Primeira Lei de Newton aplicada a uma situação real. Durante a aula discutimos dois textos. O primeiro texto era uma reportagem sobre um acidente de automóvel com vítimas fatais que não usavam o cinto de segurança e o segundo, o trecho de uma notícia a respeito da obrigatoriedade do encosto de cabeça no banco traseiro de veículos a partir de 2018. Os dois textos encontram-se no Apêndice A.

Após a leitura do texto, dividimos a sala em grupos de quatro ou cinco alunos e a seguinte questão foi discutida. “Em acidentes sem o uso do cinto de segurança, o índice de ferimentos mais graves é maior do que quando é constatado o uso dele? Justifique.”

Muitos estudantes refletiram sobre a questão relatando experiências pessoais. Foram relatados casos de acidentes envolvendo, familiares, amigos ou os próprios estudantes, que em alguns casos, por não usarem o cinto, sofreram graves ferimentos. Por outro lado, foram levantadas questões a respeito de mortes causadas pelo uso do cinto. Por exemplo, a vítima não conseguir tirar o cinto e morrer por causa de queimaduras ou asfixiação. Alguns estudantes afirmaram que usam o cinto por receio de serem

multados. Embora alguns estudantes tenham levantado as situações em que o cinto causou mortes, concluíram que o número de mortes sem ele é bem maior. Todos concordaram que as pessoas que usam o cinto de segurança possuem maior chance de não terem ferimentos graves ou mesmo não morrerem. Após a discussão, os estudantes tomaram nota, a fim de fazer comparações após explicação da teoria. Cada estudante respondeu conforme seu conhecimento sobre o assunto. Esta abordagem foi muito produtiva, os estudantes interagiram e cada um quis dar seu depoimento.

A leitura do segundo texto ocorreu na sequência da aula e agora os estudantes estavam menos apreensivos, pois já haviam entendido o que lhes era proposto. Após a leitura, colocamos a seguinte questão em discussão. “Por qual motivo o encosto para cabeça será obrigatório, ele não é só um acessório para o conforto do usuário?” Esta discussão também foi muito boa. Um estudante relatou o seguinte fato. Ele estava no banco traseiro com cinto, mas sem encosto para a cabeça. O trânsito parou e o carro que vinha logo atrás não parou a tempo e bateu violentamente. O estudante teve ferimentos graves no pescoço e usou um colar imobilizador por um bom tempo. Este e outros depoimentos tornaram a aula muito produtiva. Estudantes que não tinham o hábito de participar deram seus depoimentos. Alguns chegaram a mencionar o “efeito chicote”, mas não souberam explicar o que o causava. Novamente, os alunos tomaram nota a respeito da discussão para futuras comparações.

A maioria dos estudantes acredita que o uso do cinto e do encosto de cabeça são itens essenciais no momento de um acidente. Nas turmas com menor número de estudantes, a discussão foi sem dúvida mais profunda. A experiência de uma discussão em que quase todos participam mostra como o processo de ensino-aprendizagem é uma via de mão dupla. Poucos estudantes falaram a respeito da Primeira lei de Newton ou sobre o conceito de Inércia.

4.1.2. Organização do Conhecimento

Nas duas aulas seguintes começamos a organizar o conhecimento, discutindo os conceitos envolvidos na Primeira Lei de Newton. Conforme descrito na Seção 2.2, enunciamos a Primeira Lei de Newton. Após a problematização inicial, os estudantes compreenderam com certa facilidade, que um corpo que está parado tende a permanecer parado, caso nenhuma força atue sobre ele. Após esta discussão, criou-se uma discussão a respeito da segunda parte da Primeira Lei. Como o objeto continuaria a se deslocar com velocidade constante e em linha reta caso não houvesse forças externas atuando sobre ele. Os alunos mostraram dificuldade de imaginar situações hipotéticas ou criadas artificialmente. Os estudantes afirmaram que ao parar de empurrar, o objeto deve aos poucos parar.

Neste momento fizemos a primeira simplificação da primeira Lei, pois a princípio o atrito seria desprezado. Em seguida, foram realizadas algumas discussões na sala. Por exemplo, empurramos uma cadeira e observando seu movimento. E então questionamos da seguinte forma. “Se o assoalho fosse de um material diferente, isto afetaria o movimento da cadeira?” Os estudantes imaginaram várias situações hipotéticas, com superfícies diferentes. Inclusive, se o assoalho estivesse ensaboadado. A conclusão foi que

a cadeira escorregaria mais. Enfatizamos que o ar também interfere no movimento. Salientamos a importância da aerodinâmica dos carros caminhões e aviões, para minimizar o atrito com o ar. Definimos a força de atrito, que se opõem ao movimento impedindo que ele comece a acontecer e caso já esteja em movimento, tende a pará-lo. Toda a discussão foi baseada na teoria descrita na Seção 2.2. A aula foi finalizada com o início da resolução da lista 1, que se encontra no Apêndice A. Alguns exercícios ficaram como atividades para serem feitas em casa.

4.1.3. Aplicação do Conhecimento

Durante as três aulas seguintes usamos o simuladores para tratar algumas situações que dificilmente seriam tratadas com experiências cotidianas em sala de aula. A aula teve início com uma revisão da Primeira Lei de Newton e em seguida foi feita a correção e discussão dos exercícios propostos nas aulas anteriores. Muitos estudantes ainda permaneciam com dúvidas com relação a segunda parte da Primeira Lei de Newton. Por exemplo, como um corpo poderia se manter em repouso ou em Movimento Retilíneo Uniforme com um somatório de forças nulo atuando sobre ele?

A seguir iniciamos a resolução das atividades com o uso do simulador para auxiliar no entendimento de alguns conceitos envolvidos na aplicação da Primeira Lei de Newton sem atrito. Como não foi possível que os estudantes trabalhassem individualmente, por conta da limitação do laboratório, eles reuniram-se em duplas ou trios e iniciaram as atividades da lista 2, que encontra-se no Apêndice A. O primeiro simulador a ser utilizado foi Forças e Movimento: Noções Básicas, conforme descrito no Capítulo 3, disponível em [PhET, 2016]. A Figura 4.1 apresenta a tela inicial da ferramenta.



Figura 4.1: interface inicial da ferramenta computacional (<https://phet.colorado.edu>).

Os estudantes foram orientados a selecionar a opção **Movimento**, situação sem atrito. Esta escolha leva o usuário a janela mostrada na Figura 4.2. Nesta simulação o usuário fornece uma força durante um tempo e como resposta, recebe uma variação de

velocidade. Sugerimos que como dados de entrada os estudantes aplicassem uma força de 4N para empurrar a caixa durante 4 segundos.

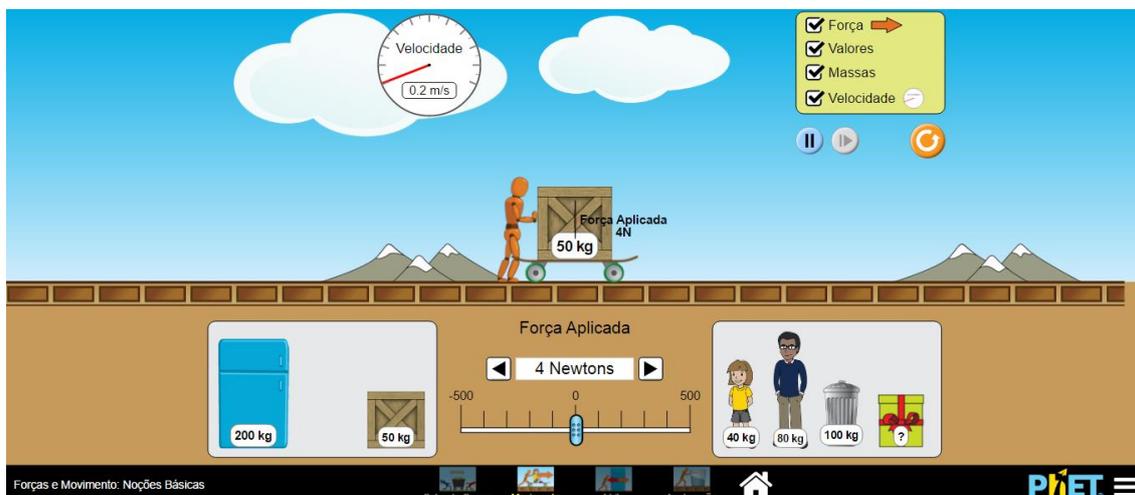


Figura 4.2: Simulação Forças e Movimento: Noções Básicas, opção Movimento sem atrito (<https://phet.colorado.edu>).

No início, os estudantes tiveram um pouco de dificuldade para aplicar a força proposta e iniciar a contagem do tempo. Em grupo eles organizaram a execução da tarefa, enquanto um dos estudantes controlava o tempo, outro manipulava a ferramenta. Neste exemplo, a caixa sobre o carrinho adquire uma pequena velocidade constante de 0,2 m/s. Neste momento surgiram algumas dúvidas: “Como uma força tão pequena poderia movimentar a caixa?”, “Por qual motivo a velocidade do carrinho não diminuiu?”, “O carrinho se movimentaria para sempre?”. Durante a discussão dessas questões ressaltamos que na situação sem atrito, qualquer força produz uma variação na velocidade (aceleração) e como consequência o deslocamento, pois nada se opõe ao movimento. A partir daí, os estudantes foram orientados a alterar os dados de entrada do problema. Por exemplo, aplicar uma força de 50N durante 4 segundos em uma caixa de massa 50 kg. Como resposta a caixa adquiriu a velocidade constante de 4m/s. Os estudantes compreenderam que sem atrito, independente da força aplicada, os objetos continuam em movimento.

Em outro exemplo, aumentamos a massa do objeto acrescentando outra caixa de 50 kg e mantendo a mesma força durante o mesmo intervalo de tempo. Após a simulação, observou-se que a velocidade adquirida foi menor. O velocímetro indicou a velocidade de 2m/s, exemplificando o que foi estudado na teoria, que a inércia de um objeto está relacionada a sua massa. Dessa forma, os estudantes observaram que quanto maior a massa, maior a tendência de não adquirir velocidade sendo aplicada a mesma força. Em seguida, realizamos mais simulações, com objetos de massas diferentes, aplicando a mesma força e tempo de aplicação. O objetivo foi fazer comparações das velocidades adquiridas pelos objetos de diferentes massas. Dessa forma, os estudantes perceberam que quanto maior a massa do corpo que ele empurra, maior é a inércia do corpo. Sendo assim, nas mesmas condições de força aplicada, a velocidade adquirida é maior quanto menor a massa do objeto.

Na atividade seguinte, os estudantes deveriam calcular aproximadamente a massa de um objeto desconhecido. Alguns já sabiam como proceder, enquanto outros não faziam ideia de como calculariam a massa. Propusemos aos estudantes que atribuísem a mesma força e tempo de duração dos outros objetos. Logo, os estudantes perceberam que poderiam comparar com o resultado das simulações anteriores e, portanto concluir qual a massa que o objeto deveria ter. Ao final da aula os estudantes entregaram algumas questões discutidas durante a realização das simulações. O objetivo desta estratégia foi incentivar a reflexão individual e a formulação da resposta escrita.

Na aula seguinte, trabalhamos com uma aplicação diferente da Primeira Lei de Newton sem atrito. A mesma ferramenta foi usada para observarmos que quanto maior a massa mais difícil será aumentar a velocidade de um objeto. Da mesma forma, podemos verificar que quanto maior a massa do objeto em movimento mais difícil será fazê-lo parar. Ao final desta aula espera-se que os estudantes compreendam o conceito de inércia com MRU em situações sem atrito. Os problemas envolviam situações em que o objeto estivesse em movimento e para pará-lo era necessário aplicar uma força contrária ao movimento. A geladeira foi escolhida por ser o objeto de maior massa. Depois os estudantes colocaram como entrada uma força até que a velocidade de 4m/s fosse atingida. A Figura 4.3 apresenta um quadro desta simulação.

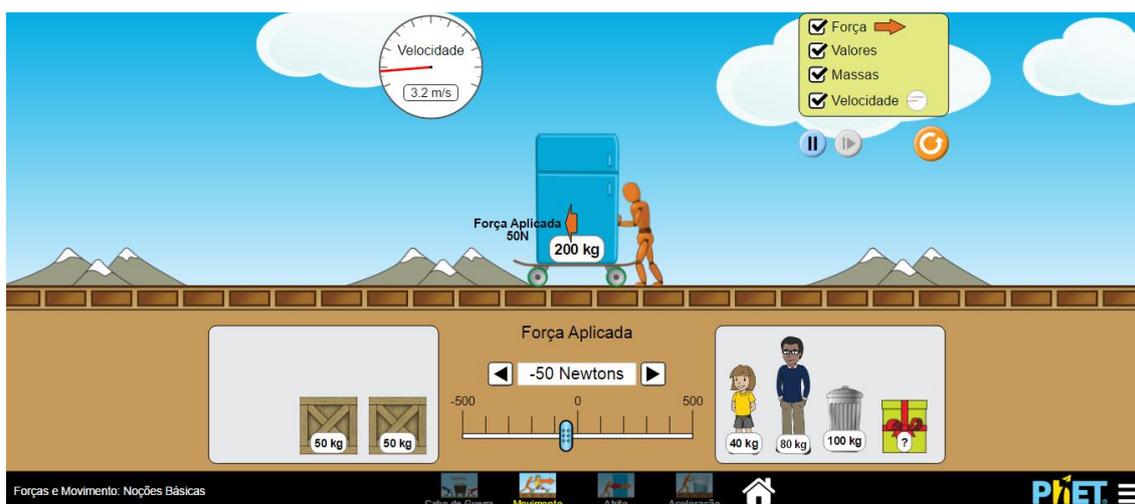


Figura 4.3: Atividade envolvendo o conceito de Inércia e MRU (<https://phet.colorado.edu>).

Em seguida, os estudantes aplicaram uma força contrária ao deslocamento e marcaram o tempo que objeto levou para parar. Alguns estudantes relataram os seus resultados, como por exemplo, com uma força de 50N contrária ao movimento do carrinho com a geladeira, foram necessários em torno de 15 segundos para pará-lo. Para resolver o problema usamos

$$v = v_0 + at, \quad (4.1)$$

sendo v a velocidade do objeto, v_0 a velocidade inicial, a a aceleração e t o tempo. Desta forma podemos definir o tempo gasto para parar o objeto isolando a variável t da equação (4.1). A aceleração pode ser obtida a partir,

$$F_R = ma \Rightarrow a = \frac{F_R}{m}. \quad (4.2)$$

Neste caso, obtemos a aceleração, que é negativa, pois a força é contrária ao deslocamento. Os estudantes ao realizarem os cálculos perceberam que a velocidade final deveria ser zero. Substituíram os valores na equação (4.1) e chegaram a $t = 16s$. Da mesma forma, ao usarem a caixa de 50kg no lugar da geladeira, refizeram os cálculos e obtiveram $t = 4s$ para que o objeto parasse completamente. Inseriram os dados no simulador e confirmaram as suas respostas. Neste momento eles ficaram muito otimistas com seus resultados que coincidiram com os da simulação. Com estas atividades os estudantes reforçaram o conceito de que quanto maior a massa maior a inércia de MRU.

Para as atividades seguintes foi escolhida a opção **Cabo de Guerra** como mostra a Figura 4.1. O objetivo destas atividades foi verificar que com o somatório de forças nulo é possível termos repouso ou MRU (Primeira Lei de Newton). Para estas atividades, que estão na lista 3 do apêndice A, consideramos problemas nos quais a força peso faz um ângulo de 90° com a superfície. Assim, a força peso é igual à força normal em módulo e direção, porém com sentido oposto (ver seção 2.2.3). Isso implica que a soma das forças na vertical é nula.

Na primeira simulação os estudantes deveriam escolher um boneco de cada cor e de mesmo tamanho. O tamanho do boneco está relacionado à força que ele pode aplicar. Após a simulação os estudantes verificaram que um corpo que está parado vai permanecer parado se nenhuma força atuar sobre ele, ou se o somatório das forças aplicadas for nulo, conforme a primeira lei de Newton. Essa situação ocorreu nesta simulação, pois foram aplicadas forças de mesma intensidade e em sentidos opostos, conforme ilustra a Figura 4.4.

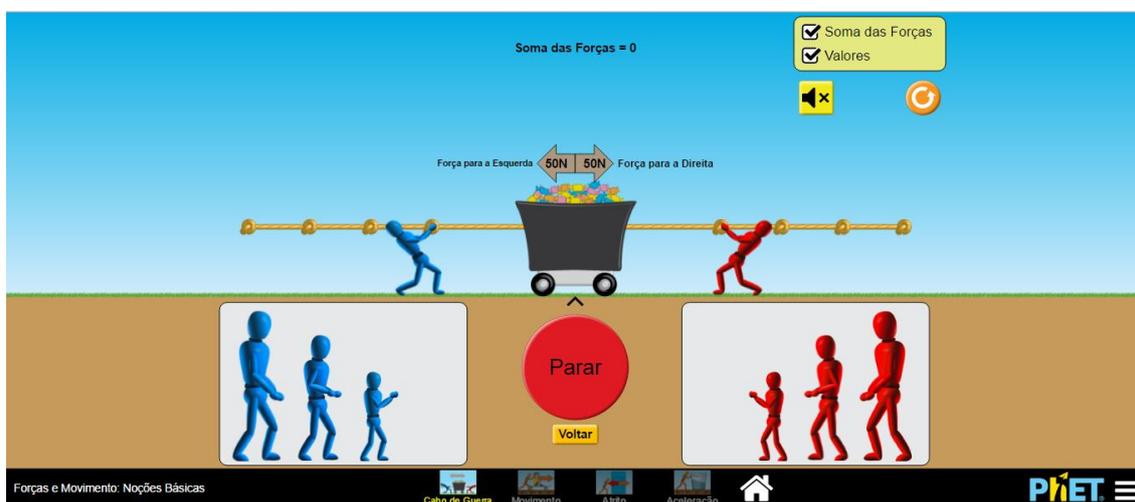


Figura 4.4: Simulação Forças e Movimento, Noções Básicas, opção Cabo de Guerra com força resultante nula (<https://phet.colorado.edu>).

Na simulação seguinte, foi considerada a seguinte situação: apenas um homem puxando o carrinho. O objetivo desta simulação foi observar o que acontece com a soma das forças. Com o carrinho movendo-se para a esquerda, pediu-se que os estudantes colocassem outro boneco de mesmo tamanho e de cor diferente.

A Figura 4.5 ilustra esta simulação. Algumas dúvidas surgiram sobre o movimento do carrinho após a inclusão do segundo boneco. “O carrinho não deveria parar?” Após essa simulação, discutiu-se que embora a soma das forças seja nula, o carrinho continuou movendo-se.

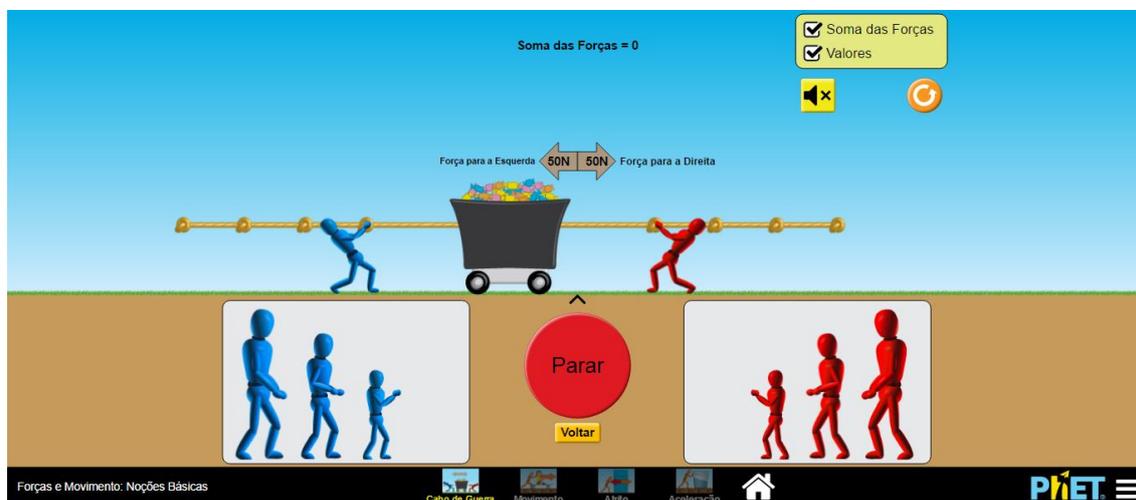


Figura 4.5: Simulação computacional: aplicação da Primeira Lei de Newton com MRU (<https://phet.colorado.edu>).

Neste momento, questionamos os estudantes sobre o motivo do carrinho continuar em movimento. Alguns estudantes ficaram impressionados, pois acreditavam que quando o outro boneco aplicasse a força, o carrinho deveria parar gradativamente. A partir deste ponto, a discussão incluiu o fato da soma das forças ser nula e reforçamos a compreensão do conceito. Esta simulação também serviu de base para o conceito de MRU.

A simulação computacional auxiliou na compreensão de que quando um objeto está em movimento e a soma das forças é nula, a velocidade se mantém constante. Os estudantes continuaram fazendo diferentes simulações, trazendo a tarefa para a realidade deles, com o conhecido jogo cabo de guerra. A aula foi finalizada com a entrega das questões dissertativas.

Na aula seguinte começamos a realizar simulações computacionais com atrito. Para estas atividades selecionamos a opção 3 do simulador Forças e Movimento: Noções Básicas (veja a Figura 4.1), que considera situações com a força de atrito. Os estudantes iniciaram as atividades da lista 4, que se encontra no Apêndice A. Escolhemos o homem para ser empurrado e simulamos uma situação em que a força resultante é nula. Ao aplicarmos uma força de 50N, o homem não se moveu. Acrescentando mais 50N, o homem continuou parado. A Figura 4.6 apresenta esta situação problema.

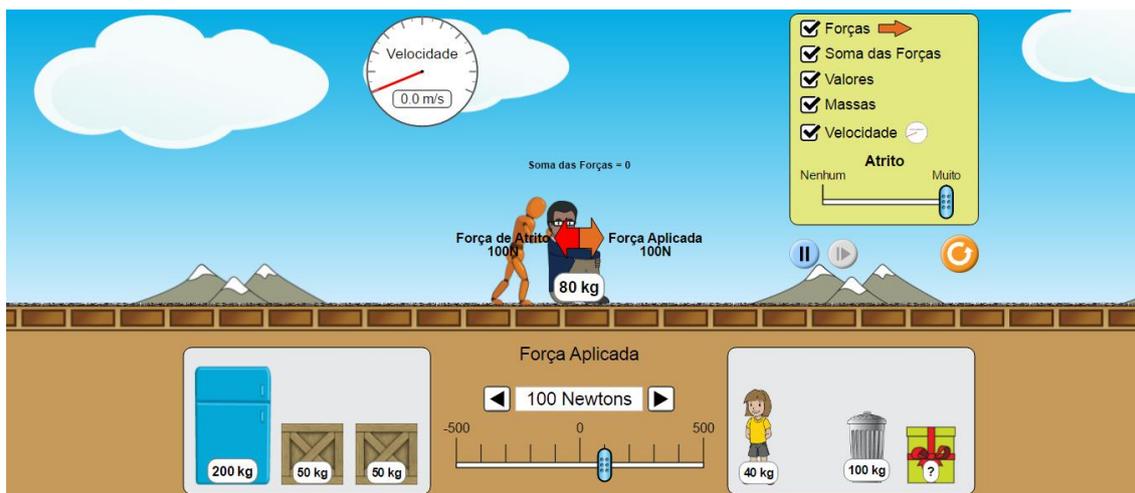


Figura 4.6: Primeira Lei de Newton com atrito, situação em que a força resultante é nula e não há movimento (<https://phet.colorado.edu>).

Neste momento, os estudantes começaram a discutir sobre o motivo do homem não ter se movido. Alguns deles entenderam que a força de atrito estava impedindo o movimento e então ressaltamos que a força de atrito é contrária ao deslocamento. A força de atrito atua na mesma direção (horizontal, neste caso) e em sentido oposto ao da força aplicada. Quando a força aplicada foi de 100N, a força de atrito foi de 100N. Relembramos que a força de atrito estática contrapõe a força aplicada até ser máxima. Então calculamos a força de atrito máxima, que neste caso é de 400N. Os estudantes, ao fazerem o somatório de forças e aplicando uma força de 100N, obtiveram o valor de 300N para a esquerda. Dessa forma, o homem sentado (parado), empurraria o boneco que estava aplicando a força, o que obviamente não aconteceu.

Os estudantes realizaram novas simulações aumentando a força aplicada de 50N em 50N até 400N. Neste momento, pediu-se que os estudantes verificassem o valor da soma das forças e que fizessem uma comparação com a simulação do Cabo de Guerra. Dessa forma, eles chegaram à conclusão que não era evidente a existência de uma força contrária à força aplicada, entretanto ela deveria existir, pois o homem não se movia. Ao se acrescentar mais 50N o homem começa a escorregar e sua velocidade vai aumentando, pois a soma das forças é diferente de zero. No entanto, os estudantes esperavam que a soma das forças fosse de 50N para a direita, mas foi de 150N, conforme a Figura 4.7.

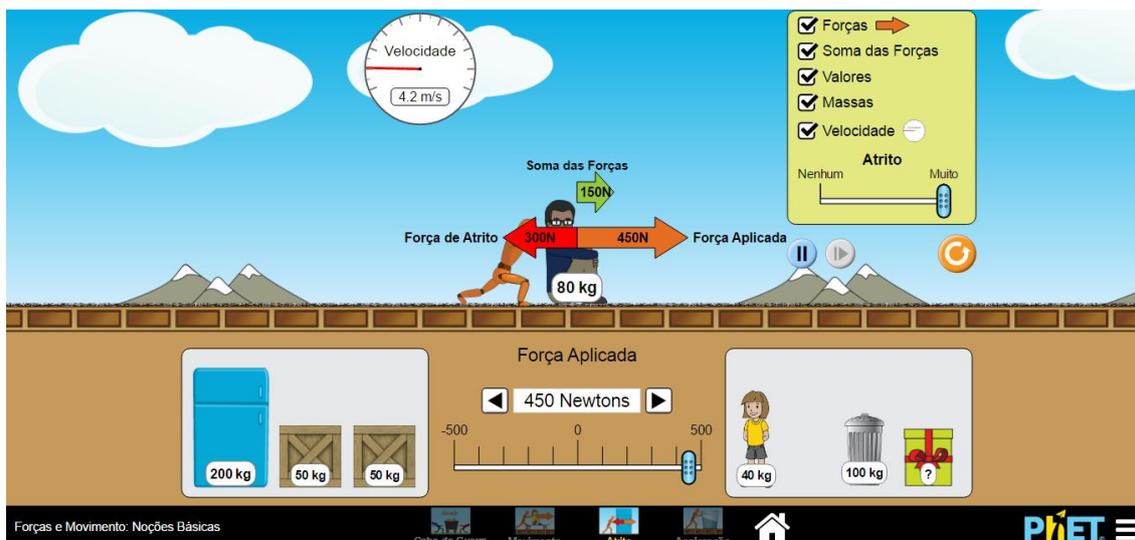


Figura 4.7: Soma das forças não nula com movimento acelerado (<https://phet.colorado.edu>).

Com esta dúvida, relembremos que o coeficiente de atrito cinético é menor que o estático e a força de atrito diminuiu de 400N para 300N. A partir daí, refizemos o cálculo da força resultante, como a força aplicada foi 450N e a força de atrito é de 300N, obtivemos uma força resultante de 150N para a direita. Resolvemos retirar os 50N que adicionamos por último. A soma das forças foi de 100N para a direita e o homem continuou se movendo e sua velocidade aumentando. Ao retirarmos mais 100N a soma das forças voltou a ser tornar nula, veja a Figura 4.8.

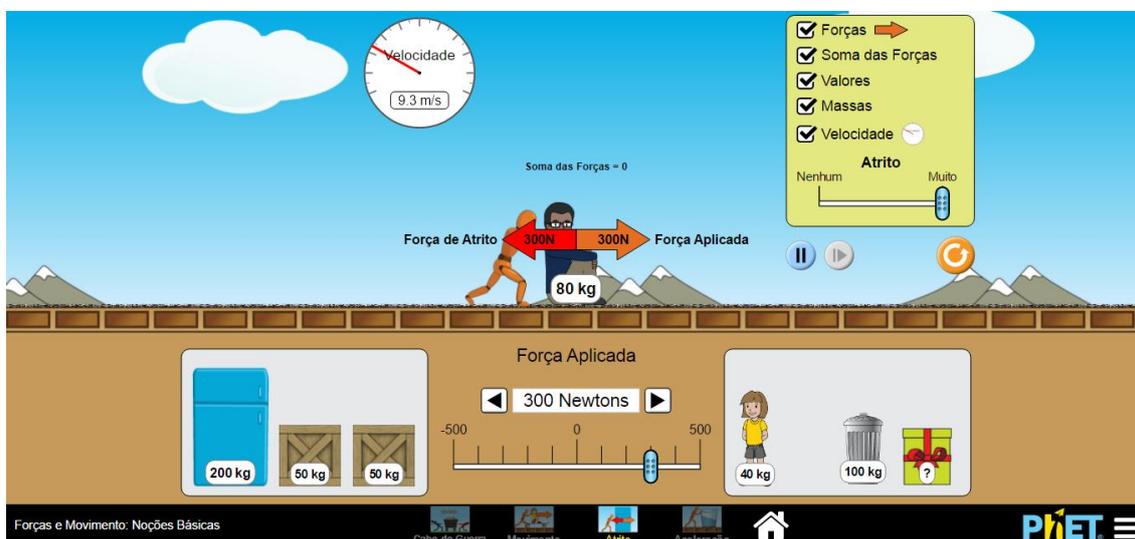


Figura 4.8: Situação com atrito, soma das forças nula com MRU (<https://phet.colorado.edu>).

Novamente solicitou-se que os estudantes comparassem esta situação com a do cabo de guerra, com forças iguais aplicadas em ambos os lados e o movimento que não cessava. Mais uma vez enfatizamos que, se a soma das forças não fosse nula na horizontal, a velocidade estaria aumentando ou diminuindo. A aula foi encerrada com a entrega das

listas de exercícios para posteriores discussões e comentários sobre eventuais interpretações errôneas que possam ter acontecido.

Em resumo, recriamos diversas situações com o simulador computacional que auxiliaram os estudantes na compreensão dos conceitos envolvidos no estudo da Primeira Lei. Sem o auxílio do simulador não seria fácil responder algumas perguntas como: “O que aconteceria se a soma das forças sobre um corpo é nula?”. Esta foi uma das principais vantagens que identificamos na utilização do simulador. Foi possível realizarmos alguns experimentos que dificilmente conseguiríamos realizar na prática.

4.2 Relato da aplicação do Roteiro 2: Segunda Lei de Newton

Nesta seção relatamos a aplicação do Roteiro 2, que é composto por uma sequência de atividades relacionadas às aplicações da Segunda Lei de Newton. A descrição deste relato segue a sequência das aulas na ordem em que elas ocorreram. Dessa forma, dividimos o tema em três seções. Na Seção 4.2.1 descrevemos o relato das atividades que introduzem o estudo da Segunda Lei de Newton. Na Seção 4.2.2 relatamos as aplicações da Segunda Lei de Newton. Na Seção 4.2.3 descrevemos o relato das atividades das aplicações da Segunda Lei de Newton em um plano inclinado. Cada uma das seções contém a metodologia que segue os três momentos pedagógicos descritos por [Delizoicov, 1991]: **Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento**. Na aplicação deste roteiro de atividades foram usadas em média oito aulas. O Roteiro 2 se encontra no Apêndice B.

4.2.1 Segunda Lei de Newton: introdução

A maioria dos estudantes tem dificuldade em relacionar os cálculos com situações reais. Alguns conceitos físicos são mais comuns que outros. Por exemplo, é mais comum mensurar a massa de um objeto do que a sua aceleração. Para introduzir o estudo da segunda Lei de Newton trabalhamos com situações que envolvessem apenas a força peso, que é algo do cotidiano do aluno. Relembramos as atividades realizadas a respeito da Primeira Lei de Newton e comentamos sobre a aplicação de uma força produzir variação de velocidade. Na primeira parte do trabalho com o simulador estávamos mais preocupados com a situação da Inércia de um corpo, repouso ou MRU.

Agora vamos focar na aceleração que surge quando aplicamos uma força em um objeto em uma situação sem atrito. Utilizamos entre uma e duas aulas para fazer a problematização inicial, explicar a Segunda Lei de Newton e definir força peso e aceleração da gravidade. Resolvemos também alguns exercícios relacionados a força peso. O objetivo desta aula foi diferenciar a força peso da massa.

A **Problematização Inicial** foi feita a partir do seguinte questionamento: “Qual força cada um de nós faz no chão aqui na terra, será que esta força é igual em qualquer planeta?”. O objetivo desta aula foi definir a diferença entre a força peso e massa. A maior parte dos estudantes ficou confusa, pois não conheciam a força peso. Alguns se manifestaram, mas falaram a respeito da sua massa. Alguns lembraram a definição de um Newton, mas não definiram o peso de fato. Outros comentaram que alguns filmes passam

a ideia de que as pessoas na lua caem mais devagar. Surgiram comentários a respeito da gravidade dos planetas serem diferentes, mas o motivo ninguém soube explicar.

No momento da **Organização do Conhecimento** discutimos a respeito do peso e da massa serem grandezas diferentes, uma vetorial e outra escalar. Definimos aceleração, gravidade e comentamos que a gravidade está relacionada com a massa e a densidade de cada planeta. Após assumirmos que a aceleração da gravidade na Terra é de aproximadamente 10m/s^2 , cada aluno calculou o seu próprio peso.

Depois disso, iniciamos a etapa da **Aplicação do Conhecimento**, onde cada um calculou o seu peso em diferentes planetas. Com essa discussão esclarecemos a diferença entre peso e massa. Além disso, os estudantes concluíram que a massa de um corpo é constante, porém o peso varia pois depende da gravidade. A princípio os estudantes fizeram confusão, mas com alguns cálculos eles logo perceberam a diferença. Ao final da aula os estudantes resolveram alguns exercícios da lista 1, que se encontra no Apêndice B.

4.2.2 Aplicações da Segunda Lei de Newton

Para motivar o estudo da segunda Lei de Newton incluindo a força de atrito, foi desenvolvido com os estudantes uma sequência de atividades. Nesta sequência, eles determinariam a aceleração de um objeto, tendo como dados, a massa, a força aplicada na horizontal e os coeficientes de atrito estático e cinético. O objetivo desta aula é mostrar para os estudantes que a força máxima aplicada para puxar ou empurrar algo na horizontal está diretamente ligado a nossa Força Peso e ao coeficiente de atrito estático entre a superfície de contato entre nós e o chão.

A **Problematização Inicial** foi motivada pela leitura do texto “Super homens” que descreve a incrível capacidade que alguns homens têm de aplicar força. O texto encontra-se no Apêndice B.

Após a leitura, continuamos com a discussão com as seguintes questões. É comum vermos nos noticiários que homens muito fortes são capazes de puxar caminhões, carretas e até mesmo aviões. No entanto, eles contam com um cabo de apoio. “Por qual motivo eles usam este recurso?” “Se não fosse esse recurso, qual seria a maior força que eles poderiam aplicar?” “A massa do objeto puxado é o único fator que tem influência nesta situação?” O assunto foi bem recebido pelos estudantes e chamou muita atenção. Muitos deles afirmaram já conhecerem tal feito. Outros comentaram a respeito de outros recordes envolvendo força aplicada. Contudo os estudantes não conseguiram explicar o motivo dos recordistas segurarem um cabo.

A partir daí iniciamos a etapa de **Organização do Conhecimento** com uma série de perguntas, para que os estudantes pudessem construir alguns conceitos. A primeira pergunta foi se eles já haviam empurrado um carro em um dia de chuva, ou seja, sob uma superfície molhada ou muito lisa. Muitos estudantes responderam que sim e então falaram sobre as dificuldades nesta situação. Depois mudamos a situação problema alterando as condições, ou seja, como seria empurrar o mesmo carro em um dia sem chuva. Os estudantes responderam que seria mais fácil, pois os seus pés não escorregariam. Após esse comentário, fizemos a seguinte pergunta: “o que aconteceria se o chão onde um homem puxa um avião estivesse molhado?” Os estudantes concluíram que não seria uma

boa ideia e entenderam que a interação com o chão faz diferença para que o homem consiga aplicar sua força. Realizamos o seguinte experimento: um aluno empurrou uma cadeira vazia, depois um colega sentou na cadeira e ele com muito esforço mal tirou a cadeira do lugar. Alguns estudantes sugeriram que a dificuldade de movimentar a cadeira estivesse relacionada à massa e logo todos concordaram.

Definimos a força peso como a força aplicada no chão pela massa. Depois concluímos que a força de atrito é a responsável por não deixar o objeto escorregar. Ela tem relação com a interação entre o objeto e a superfície (no caso o chão) e com a força normal, para mais detalhes veja seção 2.2.2. Apresentamos as expressões para o cálculo da força de atrito e da força resultante. Definimos a aceleração. A partir destes conceitos, constatamos que a força máxima aplicada nesta situação depende da massa da pessoa que empurra, da gravidade e da interação com a superfície. Voltamos ao motivo do uso do cabo para que homens possam empurrar aviões. Constatamos que usando o cabo o homem modifica a força máxima que pode ser aplicada. Inicialmente ela seria somente a força de atrito máxima. Com a utilização do cabotemos a força de atrito máxima mais a força de ação e reação aplicada no cabo.

Primeiramente, na etapa de **Aplicação do Conhecimento** focamos nos conceitos de força aplicada e aceleração. Para isso, usamos a opção “Gráfico de Força” do simulador computacional Forças e Movimento, disponível em [PhET, 2016]. Um dos recursos disponíveis nas opções deste simulador possibilita definir o coeficiente de atrito e com isso alterá-lo. Os estudantes resolveram os exercícios da lista 2 que se encontra no Apêndice B e depois utilizaram o simulador para resolverem a lista 3 do Apêndice B. A lista 3 é uma versão da lista 2 adaptada para o simulador. Essa etapa foi muito produtiva, pois os estudantes ficavam muito contentes quando os valores de suas respostas eram os mesmos da simulação. Aqueles que não acertavam logo encontravam seus próprios erros ou pediam ajuda. A Figura 4.9 apresenta o simulador: Força e Movimento do simulador, na opção gráficos da Força com os recursos de gráfico força aplicada e aceleração. No simulador F_a é a força aplicada neste caso sem considerar a força de atrito.

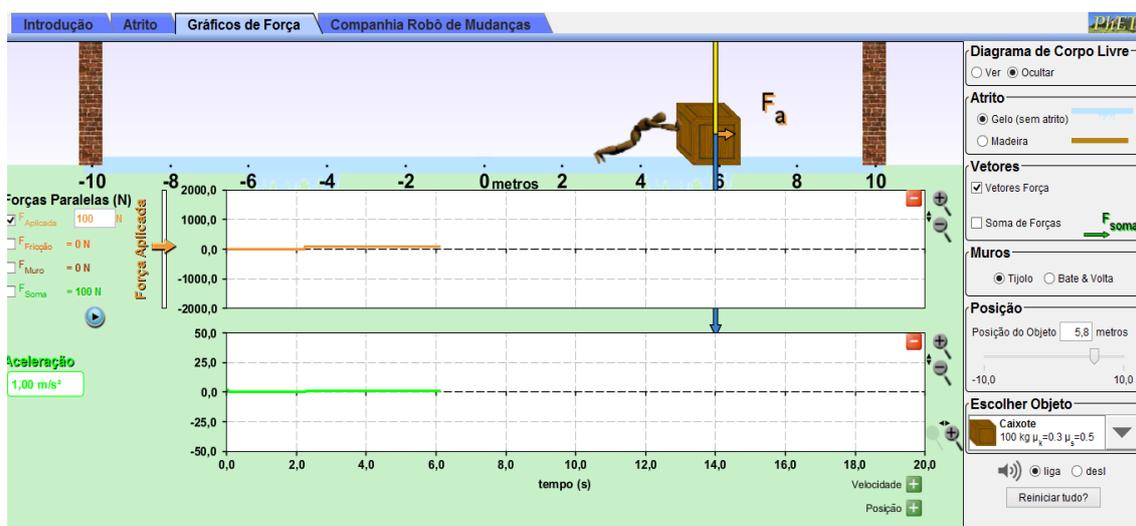


Figura 4.9: Simulador Forças e Movimento, com a opção Gráfico de Força, situação sem atrito com aceleração (<https://phet.colorado.edu>).

O propósito do exercício é perceber que quando há uma coincidência entre o módulo da força aplicada e o valor da massa, a aceleração será de 1m/s^2 . Pedimos que selecionassem uma massa de 100kg e aplicassem uma força de 100N , em uma situação sem atrito. Para isso, selecionamos a opção (gelo) sem atrito e inserimos os seguintes dados: a massa de 100 kg e a força aplicada de 100N . Os estudantes iniciaram a simulação e notaram que a aceleração foi de 1m/s^2 . A aceleração da caixa, por meio da Segunda Lei de Newton é dada por

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} \rightarrow a = \frac{100\text{N}}{100\text{kg}} \Rightarrow a = 1\text{m/s}^2. \quad (4.3)$$

Dessa forma, eles observaram que na situação sem atrito, a aceleração é diretamente proporcional à força aplicada. Confirmamos a resposta da segunda questão, da mesma forma. Os estudantes fizeram alguns ajustes nas escalas dos gráficos força aplicada e aceleração, melhorando assim a visualização. Mudamos também o objeto empurrado, selecionamos uma massa de 50kg e confirmamos que estava sem atrito. Aplicando uma força de 50N para visualizar a aceleração. Na sequência com o intuito que os estudantes percebessem a relação de proporcionalidade, aumentamos a força gradativamente, mantendo a massa constante. Os estudantes puderam perceber que a aceleração também aumentava. Para verificar a proporcionalidade nos gráficos, os estudantes mudavam a força e observavam a aceleração, conforme mostra a Figura 4.10. Observando os gráficos podemos perceber que quando temos força constante, temos uma aceleração também constante, quando aumentamos a força aplicada mantendo a massa, consequentemente a aceleração aumenta. Nas Figuras seguintes, F_f representa força de atrito e F_a , força aplicada.

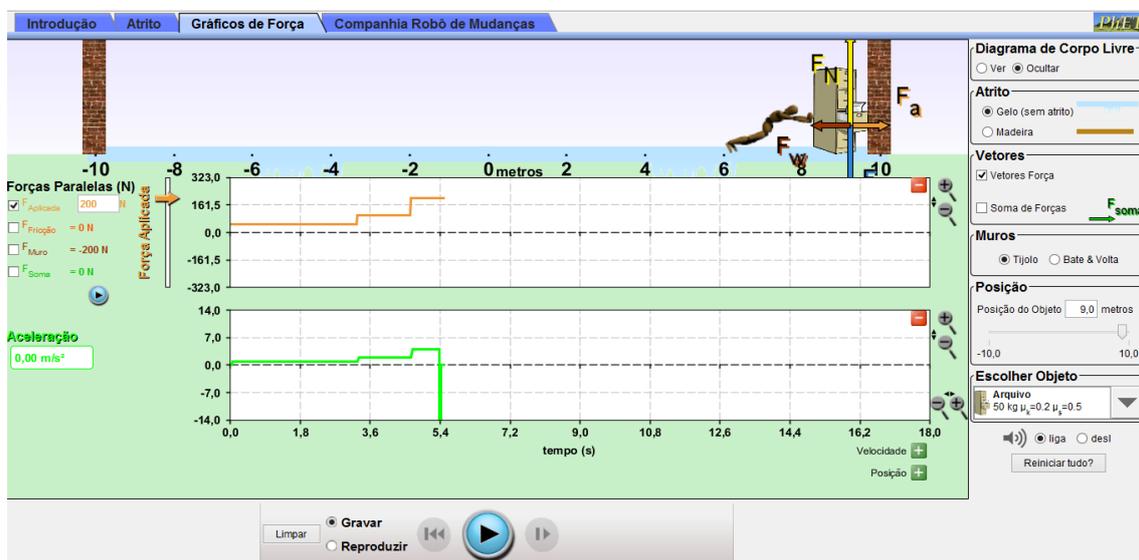


Figura 4.10: Gráfico da força aplicada e da aceleração em função do tempo (<https://phet.colorado.edu>).

Podemos observar que o pico negativo no gráfico indica uma parada brusca sofrida na colisão, com uma grande desaceleração. Logo após a desaceleração

instantânea, a soma das forças é nula e a aceleração vai zero. Situação em que o arquivo está parado.

Outra atividade trabalhada foi a de determinar a massa do objeto misterioso. Para isto orientamos os estudantes a ir no ícone “escolher objeto” e selecionar objeto misterioso.

Iniciamos aplicando 100N no objeto misterioso e verificamos sua aceleração. Eles perceberam que a aceleração adquirida era de $0,81\text{m/s}^2$. Utilizando a Segunda Lei de Newton obtemos

$$F = ma \Rightarrow m = \frac{F}{a} \Rightarrow m = \frac{100\text{N}}{0,813\text{m/s}^2} \rightarrow m = 123,001\text{kg} \cong 123\text{kg} \left(\frac{\text{N}}{\text{m/s}^2} = \text{kg}\right). \quad (4.4)$$

Para confirmar seus cálculos eles só aplicaram 123N e a resposta da aceleração foi de 1m/s^2 . Reforçamos que quando a força aplicada coincide com a massa do objeto, a aceleração será de 1m/s^2 .

Para desvincular a ideia de que força provoca aceleração solicitamos que os estudantes selecionassem madeira na opção atrito. Então pedimos que aplicassem 50N no objeto misterioso por 4 segundos. Neste momento questionamos os estudantes sobre o repouso da caixa mesmo com força aplicada. Eles lembraram da primeira simulação e perceberam a diferença, antes sem e agora com atrito. É muito importante que fique claro para os estudantes que força aplicada, não está necessariamente associada a aceleração.

Na sala de aula iniciamos a resolução da lista 4 de exercícios, que está no apêndice B. O objetivo dos exercícios desta lista é reforçar os conceitos de: força peso, força normal, força de atrito estático e cinético e força resultante para então definirmos aceleração com e sem atrito. Resolvemos a primeira questão no quadro e fomos comentando passo a passo. Os estudantes definiram o peso do arquivo, sua aceleração sem atrito, sua força de atrito estática máxima e Força de atrito cinética. Fazendo o somatório de força com a força de atrito estático e força de atrito cinético, eles perceberam que a caixa escorregaria na situação que aplicassem mais que uma dada força. Quando o arquivo começa a escorregar a força atrito não é mais estática e sim cinética. Os estudantes recalcularam a soma das forças com o atrito cinético, que é menor, e determinaram a aceleração. Reforçamos que a diferença está na interação entre o objeto e a superfície de contato. Relembramos as definições de atrito estático e cinético, e que quando há movimento relativo entre objeto e superfície de contato a interação é menor. Os estudantes refizeram o somatório de forças com a força de atrito cinética, que é menor e encontraram de fato a aceleração. Logo eles levantaram a questão: “É o atrito com o ar?” Ressaltamos que o atrito com o ar seria desconsiderado, uma simplificação do problema. Então ficou evidenciado que a força de atrito máxima seria calculada com o coeficiente de atrito estático. Isso definiria a força máxima para que um objeto permaneça em repouso. A partir do momento que o objeto inicia o movimento, o cálculo o cálculo da força deveria ser feito com o coeficiente de atrito cinético. Por fim, os estudantes fizeram várias considerações. No entanto, o que chamou mais atenção deles foi o fato de haver uma aceleração negativa, tendo como resultado a diminuição da velocidade.

Na aula seguinte na sala de informática, resolvemos a lista 4 de exercícios do apêndice B, com o a ajuda do simulador. Na aba gráfico de força criamos a situação descrita na lista. Os estudantes selecionaram uma massa de 50 kg, a situação trabalhada foi sem atrito e aplicaram uma força igual a força de atrito máxima que é de 245N. como

a situação é sem atrito aceleração foi de zero para $4,9 \text{ m/s}^2$, muito rápido e se manteve constante. Isto pode ser observado na Figura 4.11.

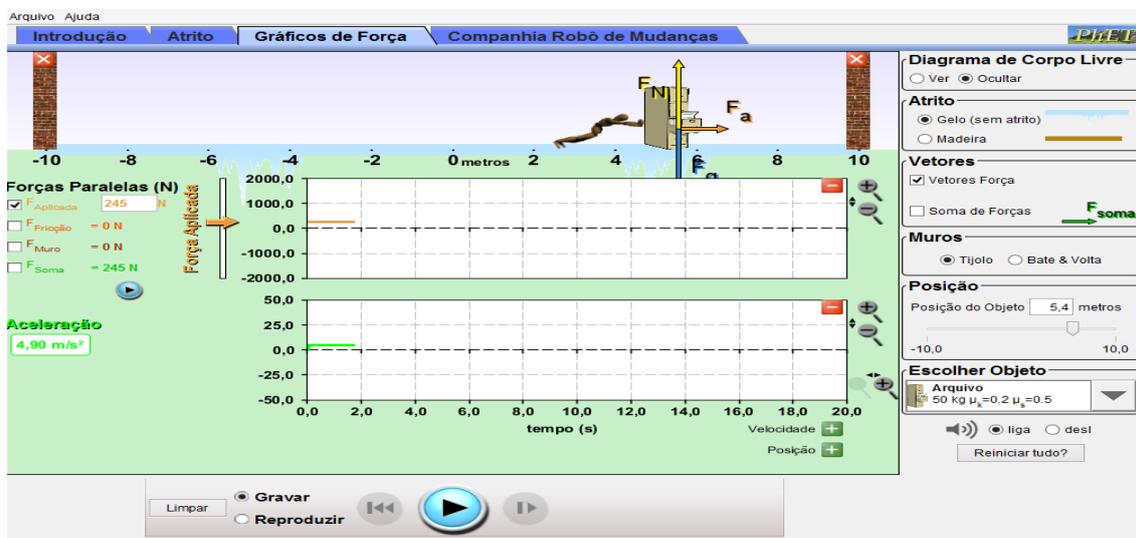


Figura 4.11 Situação sem atrito com força e aceleração constante (<https://phet.colorado.edu>).

Com o uso do simulador podemos visualizar instantaneamente o gráficos de força e a aceleração, percebendo que ambos são constantes. Quando resolvemos estes cálculos a mão esta visualização foi mais difícil.

Comparamos a situação do simulador com os cálculos feitos, fazendo uma breve revisão. Caso não houvesse o atrito a situação seria:

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow a = \frac{300}{50} \Rightarrow a = 6 \text{ m/s}^2 \quad \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}} = \text{m/s}^2 \right). \quad (4.5)$$

É comum que os estudantes façam os cálculos e não observem se a situação é com ou sem atrito. Por este motivo devemos trabalhar com exercícios voltados a realidade local, desta forma devemos considerar o atrito entre as superfícies em contato. Embora saibamos que são feitas algumas simplificações a atividade fica mais próxima da realidade.

Dando sequência na aula, trabalhamos com uma situação enfatizando a força de atrito máxima, com o coeficiente de atrito estático. A aula se desenvolveu bem, na situação que selecionamos o arquivo e aplicamos 245N, ele se manteve em repouso. Uma das vantagens de trabalhar com o simulador é que o estudante pode observar o somatório de forças e perceber que sendo nulo a aceleração é zero. Podemos ver na Figura 4.12 que os vetores têm mesmo módulo e direção porem sentidos opostos. À medida que o tempo passa o arquivo não se move, confirmando o cálculo dos exercícios.

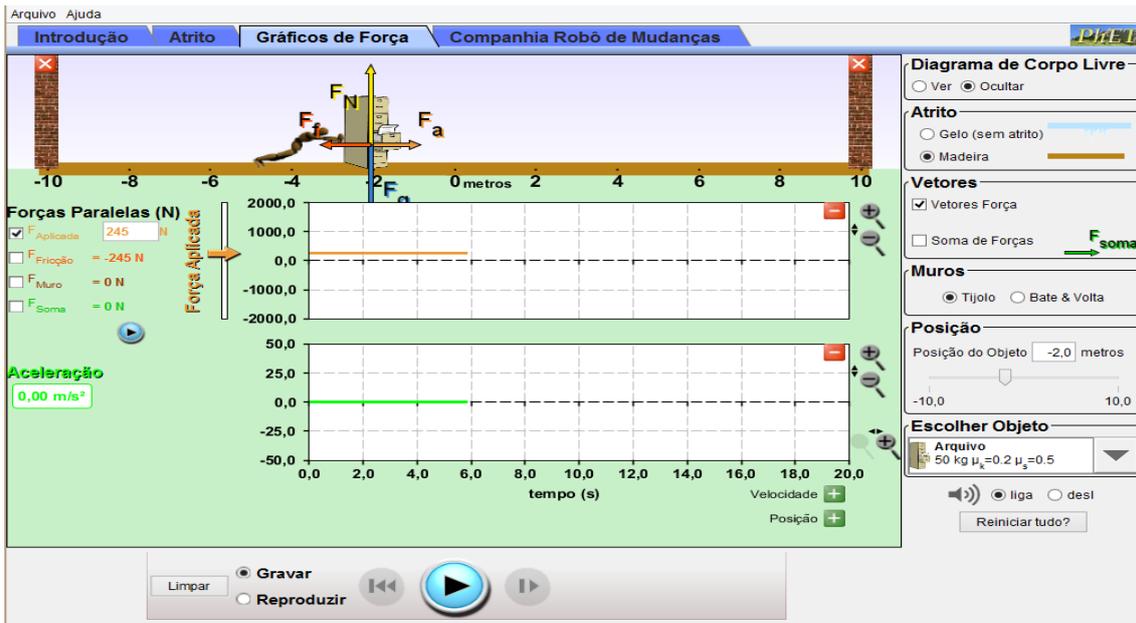


Figura 4.12 Força de atrito máxima, somatório nulo objeto em repouso (<https://phet.colorado.edu>).

Com um pouco mais de força aplicada o arquivo se move, a força a mais teve por objetivo ultrapassar a força de atrito máxima, usamos 246N e houve aceleração. Novamente o uso do simulador proporciona a visualização dos vetores que representam as forças, indicando a diferença de intensidade e os sentidos opostos. Visualizamos isto na Figura 4.13, que indica uma aceleração de $2,96$ m/s². Os alunos questionaram como um Newton a mais provocaria tanta aceleração.

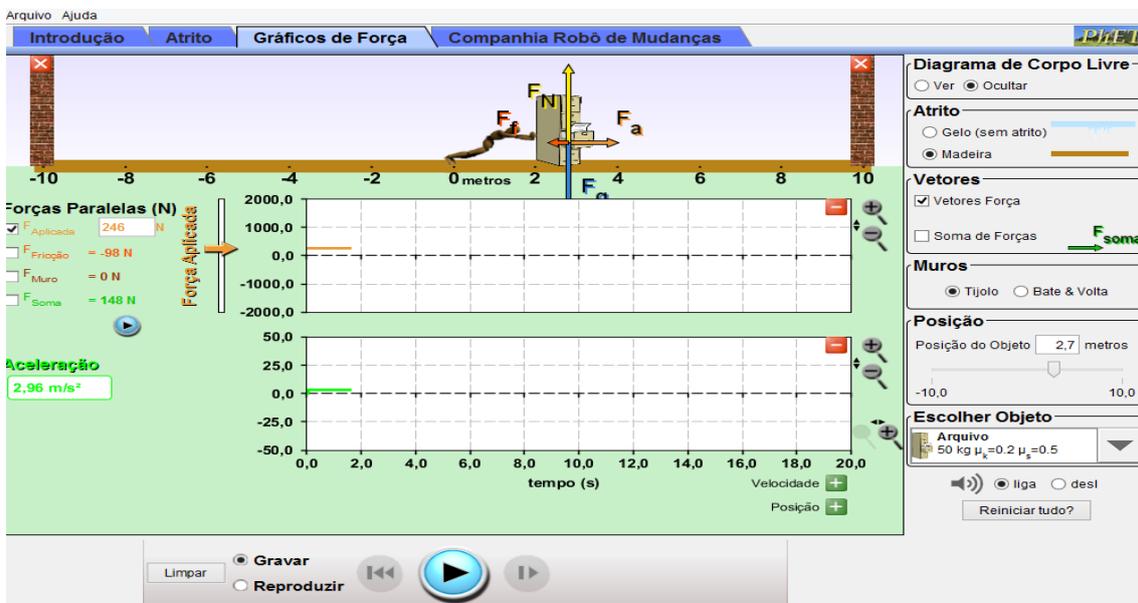


Figura 4.13: Situação em que a força aplicada maior que a de atrito máxima (<https://phet.colorado.edu>).

Alguns já responderam que seria a diferença entre os coeficientes de atrito, estático e cinético. Alguns estudantes fizeram um somatório de forças equivocadamente da seguinte forma:

$$\Sigma F_x = F - F_a \Rightarrow \Sigma F_x = 246 - 245 \Rightarrow \Sigma F_x = 1N \quad (4.6)$$

No entanto quando a força aplicada é maior que a força de atrito estática máxima o coeficiente de atrito cai consideravelmente de 0,5 para 0,2 pois agora o coeficiente de atrito é o cinético. Diminuindo por consequência a força de atrito. Ela cai de 245N para 98N. Alguns estudantes demoraram para entender mas com algumas explicações todos afirmaram ter entendido a situação.

Em outro problema da lista 5 (veja Apêndice B) o intuito é de reforçar a noção de força de atrito máxima, força de atrito cinético e desaceleração. No problema um homem empurra uma caixa sozinho não ultrapassando a força de atrito máxima, que é de 490N. Os estudantes inserem os dados do simulador e identificaram uma aceleração nula. Neste caso, o objeto empurrado não se move a medida que o tempo passa. Os estudantes logo comentaram que a força aplicada era menor ou igual a força de atrito máxima. Na sequência idealizada que o homem e o menino (que é caracterizado aqui como a força a mais de 100N) empurram a caixa ela se move acelerada. No instante que a caixa se deslocou o coeficiente de atrito deve ser o cinético ou de deslocamento, que é 0,3 gerando um somatório de forças: $\Sigma F_x = 296N$, o que dá uma aceleração de $2,94m/s^2$. A Figura 4.14 apresenta uma força de 490N do homem mais 100N do menino. Observando os gráficos fica evidente que enquanto os 100N a mais não são acrescentados a aceleração é nula e que na sequência com o acréscimo da força o objeto acelera.

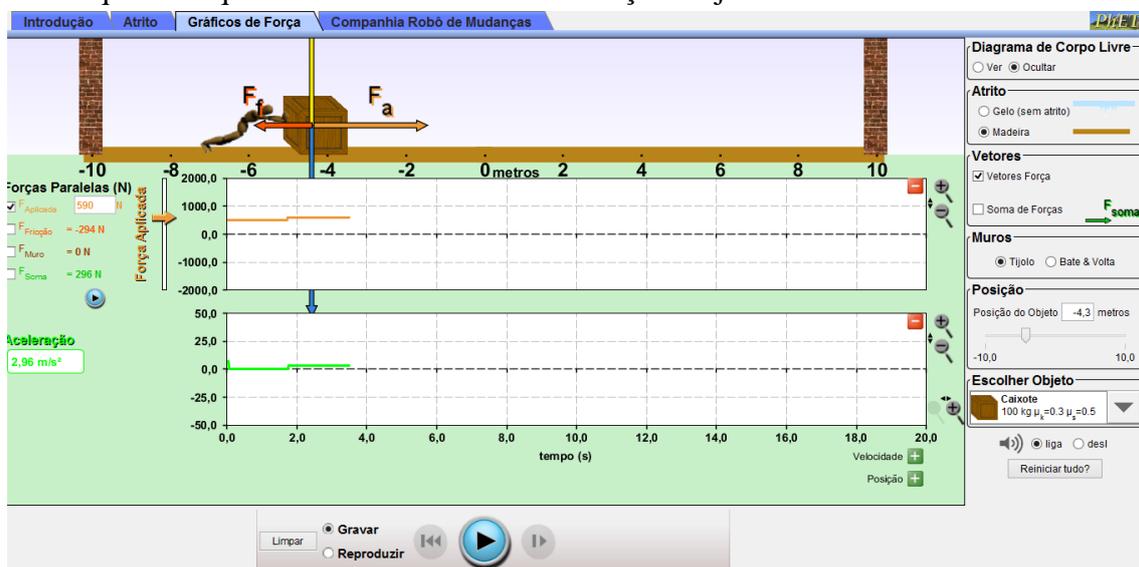


Figura 4.14: Força aplicada de 590N, somatório e aceleração positivos (<https://phet.colorado.edu>).

Quando o homem para de empurrar e só o menino continua, os estudantes perceberam uma desaceleração. Como o menino aplica 100N a soma de forças é de -194N. Os estudantes perceberam que o sinal negativo da aceleração indica que a força resultante é oposta ao deslocamento. Assim, a caixa desacelerou até parar. O gráfico da

aceleração mostra um valor abaixo de zero e no da força aplicada há uma queda significativa de 490N, força que o homem deixa de aplicar.

Da Segunda Lei de Newton obtemos uma aceleração negativa de -1.49m/s^2 . Na Figura 4.15, os estudantes perceberam o vetor força de atrito maior que o vetor da força aplicada, caracterizando assim uma desaceleração.

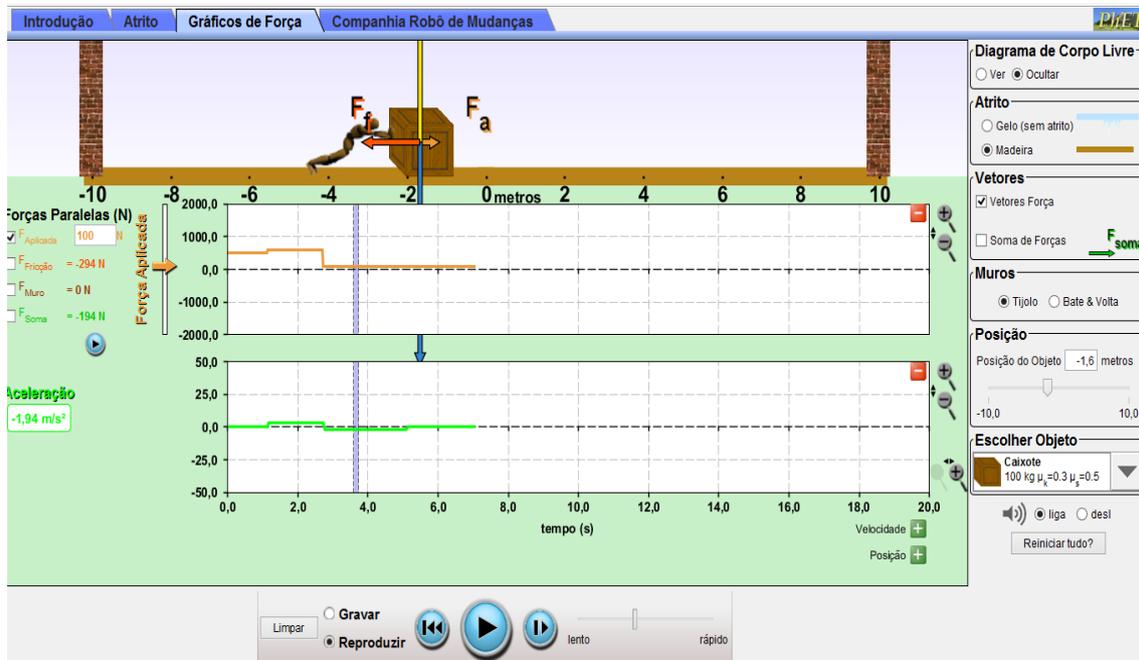


Figura 4.15: Resultante das forças com sentido oposto ao deslocamento, desaceleração (<https://phet.colorado.edu>).

Quando a caixa parou os estudantes observaram que a força de atrito que em movimento era de -294N, alterou-se para -100N. Isso era esperado, pois caso contrário a “caixa começaria a empurrar o menino”, o que não é razoável.

Mudando para a opção com atrito os estudantes trabalharam situações onde alteramos a gravidade. O objetivo desta atividade é mostrar que em situação sem atrito a gravidade não influencia. No entanto, nas situações com atrito haverá diferença, pois o atrito está diretamente ligado à gravidade. A força de atrito depende da força Normal que nas situações abordadas é igual ao peso em módulo, direção e sentido oposto. A Figura 4.16 apresenta a interface do simulador, onde trabalhamos situações com mesmo objeto porém com gravidade diferentes.

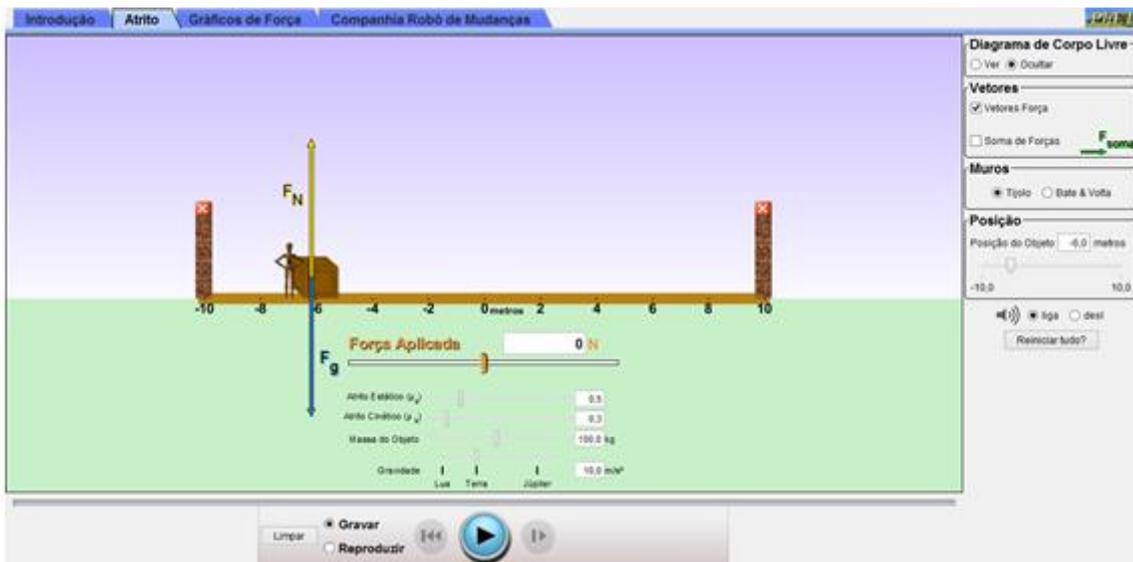


Figura 4.16: Influencia da gravidade na Foça de atrito (<https://phet.colorado.edu>).

Estando nesta janela aplicaram 300N, retiram todo o atrito e mudaram a gravidade, e os estudantes verificaram que sem atrito a gravidade não influenciaria na situação. Contudo quando trabalharam a situação com atrito os estudantes perceberam que quanto maior a gravidade maior seria a força de atrito. Então eles entenderam que a gravidade está diretamente ligada a força de atrito. Com isso atingimos nosso objetivo.

4.2.3 Aplicações da Segunda Lei de Newton: Plano Inclinado

Para a motivação do estudo da segunda Lei no plano inclinado, foram feitas as seguintes perguntas: “Quem já caiu em uma rampa ou viu outra pessoa cair?”, “Por que as pessoas tendem a cair com mais facilidade quando a rampa está molhada, ou quando a rampa tem alguma inclinação?”. Os estudantes uniram-se em grupos para discutir as questões. Muitos foram os relatos de quedas e escorregões em dias de chuva ou em lugares molhados, principalmente em lugares inclinados. Os estudantes relataram sobre o uso de uma fita antiderrapante (que parece uma lixa), para evitar quedas em rampas. Além disso, citaram as placas de alerta que são colocadas em lugares públicos quando estão sendo lavados ou quando algum tipo de óleo foi derramado.

Na Organização do Conhecimento, estabelecemos uma relação com a inclinação da rampa e a tendência de um objeto escorregar. O seguinte experimento foi feito, colocamos uma caneta sobre uma mesa e inclinamos a mesa até que a caneta começasse a escorregar. Os estudantes perceberam que a medida que a mesa era inclinada aumentava a tendência da caneta escorregar. Fizemos uma comparação colocando uma borracha ao lado da caneta. Eles perceberam que com uma determinada inclinação a borracha ficava parada e a caneta escorregava. A borracha só começou a escorregar após uma dada inclinação, maior que a situação em que a caneta escorregava. Aproveitamos esta situação para calcular a força Normal fazendo a sua decomposição no plano cartesiano como está descrito na Seção 2.2.3. Dessa forma os estudantes puderam observar que quanto maior a inclinação menor é a força normal.

Apesar dos estudantes terem dificuldades em trigonometria, trabalhamos algumas situações mais simples. O objetivo era que eles compreendessem como as forças atuam em situações em que a superfície está inclinada, aproximando de questões que são do cotidiano deles. Por exemplo, o fato de escorregar com mais facilidade em uma rampa, caso ela esteja molhada ou de se ter mais atenção quando estiver descendo uma rampa muito inclinada.

Para a Aplicação do Conhecimento, resolvemos a lista 6 do apêndice B. Nesta lista usamos o simulador “Rampa: Força e Movimento”, ele tem a opção Introdução, Atrito, Gráfico de Forças e Companhia Robô de Mudanças. A Figura 4.17 apresenta a interface inicial do simulador.

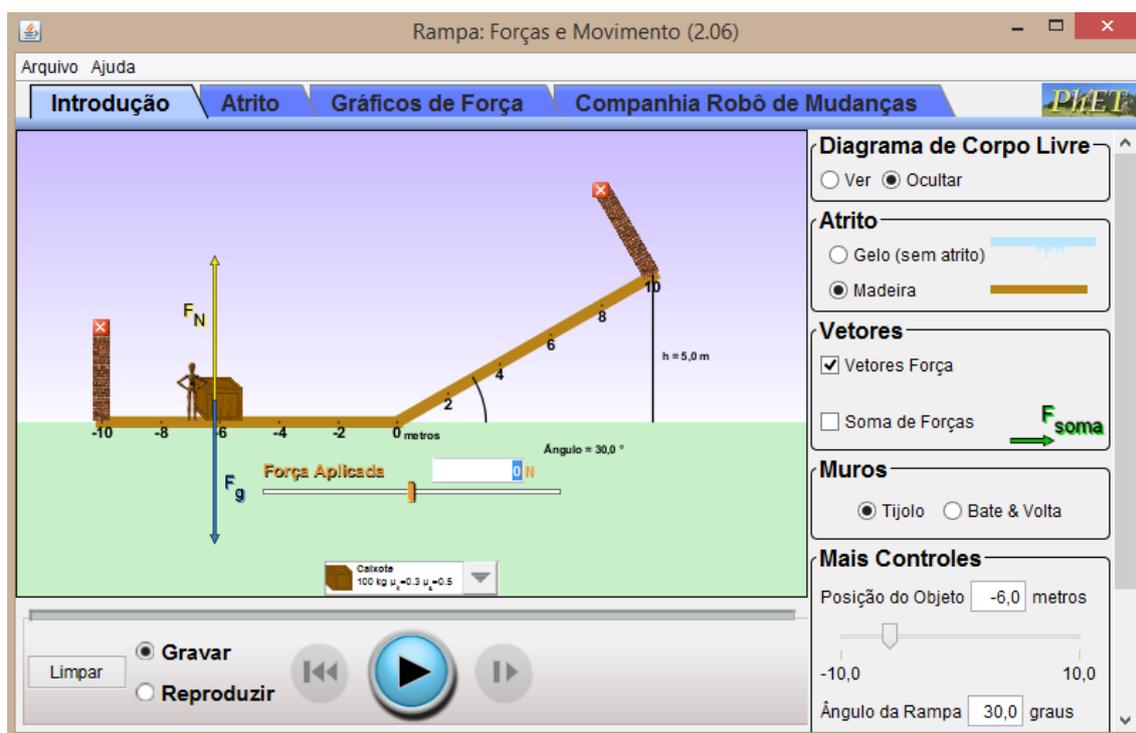


Figura 4.17: Simulador rampa/; interface inicial, força e movimento (<https://phet.colorado.edu>).

A interface inicial já apresenta um plano inclinado, mas pedimos para os estudantes começarem com um plano horizontal. A Figura 4.18 apresenta esta situação. Mais uma vez enfatizamos que nosso estudo com planos inclinados, visa motivar os estudantes na identificação das forças e na mudança de suas intensidades em relação ao ângulo.

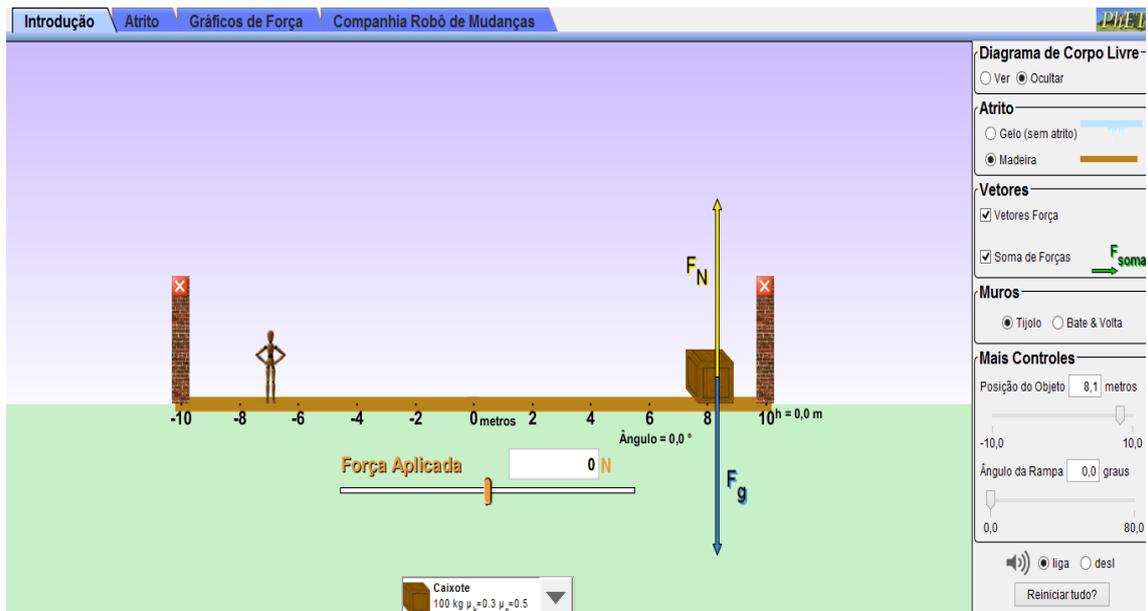


Figura 4.18: Plano horizontal, força peso com mesmo módulo da força normal (<https://phet.colorado.edu>).

Os estudantes perceberam que à medida que aumentávamos o ângulo da rampa a força normal diminuía. Inclínamos a rampa até chegarmos na situação que a caixa escorrega. Eles observaram a relação entre a força de atrito e a força normal, que são proporcionais. Podemos ver na Figura 4.19, que quanto maior for a inclinação da rampa menor será a força de normal e força de atrito.

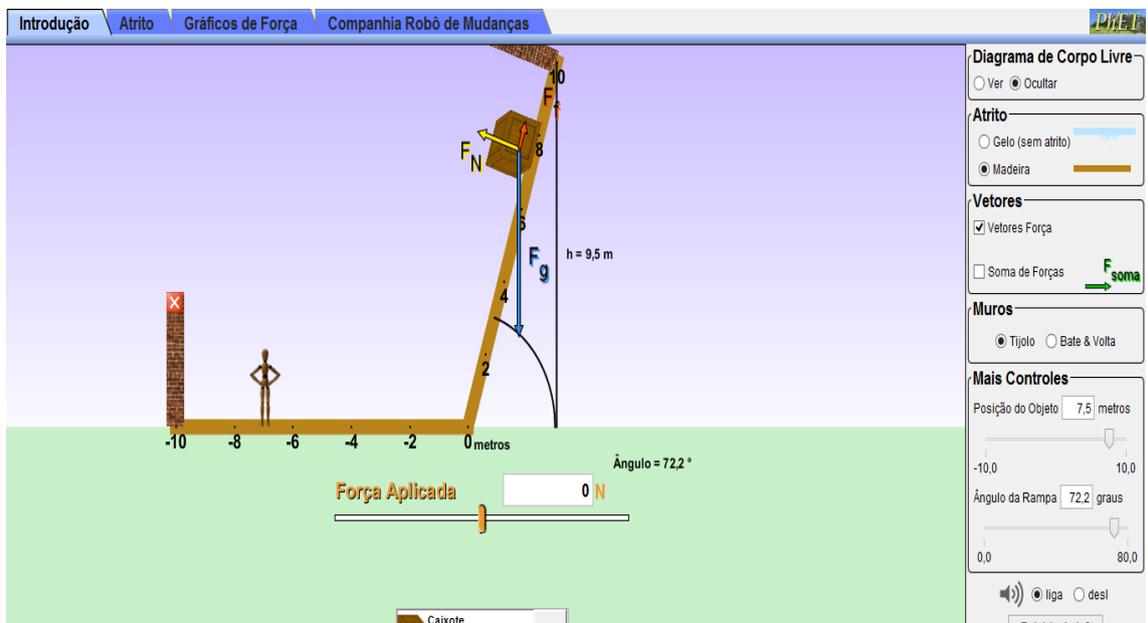


Figura 4.19: Situação para observar a relação entre a inclinação e normal (<https://phet.colorado.edu>).

Os estudantes perceberam que fatores que influenciam, no escorregar, são o coeficiente de atrito e a força normal. Simulando situações sem atrito perceberam que qualquer ângulo de inclinação por menor que seja causa deslizamento. Testamos com um ângulo pequeno como o de 2 graus.

Por último eles simularam uma situação em que o boneco está empurrando a caixa no plano, e o somatório de forças tem resultante para a direita, o que indica um movimento acelerado. Os estudantes logo notaram que quando iniciava a rampa, como apresenta a Figura 4.20, o boneco encontrava mais dificuldade em continuar empurrando a caixa. Os estudantes puderam visualizar ainda que ao iniciar a subida, o somatório apontava contrário ao sentido de deslocamento da caixa, desacelerando a caixa até parar. Par ver mais detalhes ver seção 2.2.3.

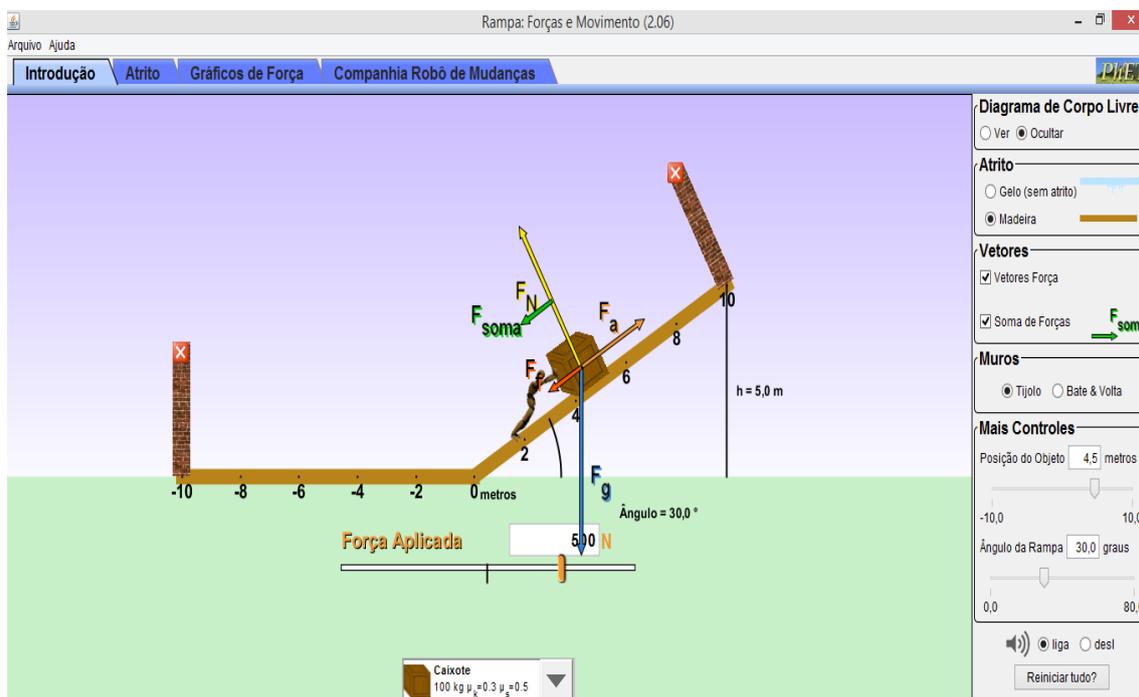


Figura 4.20: Desaceleração causada pelo resultante de forças ser contrário ao deslocamento (<https://phet.colorado.edu>).

O objetivo de se estudar problemas no plano inclinado é trazer problemas mais próximos do cotidiano dos estudantes. Além disso, é importante que o estudante 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, facilitando o escorregamento.

4.3. Resultados da avaliação da metodologia proposta

Ao fim da aplicação do projeto concluímos que a metodologia proposta é relevante. A avaliação da metodologia proposta foi feita por meio de questionário e observação direta. O questionário de avaliação incluía, questões de múltipla escolha e discursivas a respeito: do conhecimento prévio das Leis de Newton, auxílio da problematização inicial e uso de simuladores computacionais. Ele foi aplicado nas oito

turmas em que a metodologia foi desenvolvida, onde 182 estudantes responderam a respeito do método utilizado.

A maioria dos estudantes enfatizou que a problematização inicial facilita o entendimento físico das questões propostas e fornece um entendimento que é mais palpável. Os estudantes também afirmaram que ficou mais fácil aplicar o conhecimento adquirido em situações reais.

Na primeira questão os estudantes eram questionados a respeito de algum possível conhecimento prévio sobre o tópico a ser estudado. A Figura 4.21 apresenta em percentual as respostas.

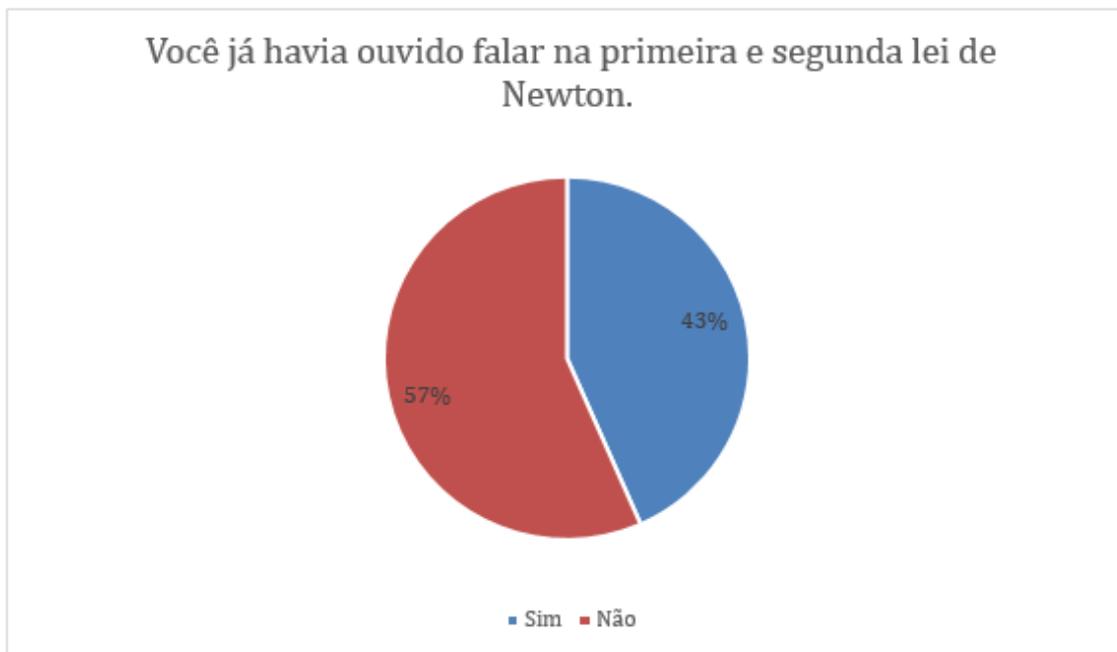


Figura 4.21: Pergunta sobre a existência das Leis.

Analisando as respostas podemos perceber que os estudantes tinham pouco conhecimento sobre as Leis de Newton. Conforme a Figura 4.21, a maioria deles não tiveram noções sobre as Leis de Newton no nono ano. Alguns relataram ter escutado algo bem superficial sobre elas. Tiveram acesso também através de algumas reportagens e documentários. Aqui algumas respostas discursivas:

“Só tinha ouvido falar os nomes das Leis.”

“O professor comentou quando estávamos no nono ano.”

“Sim, em programas de TV, livros e ano passado na escola.”

“Na televisão ouvi falar sobre as Leis de Newton no canal History Channel. No documentário um físico falou um pouco sobre Inércia e Ação e Reação.”

Nos gráficos a seguir em que as respostas são expressas em uma escala de 1 a 6, 1 significa pouca relevância e 6 extremamente relevante. Na próxima questão os estudantes foram questionados a respeito da problematização e sobre o seu interesse nas questões trabalhadas. Como podemos ver na Figura 4.22, a avaliação foi positiva.

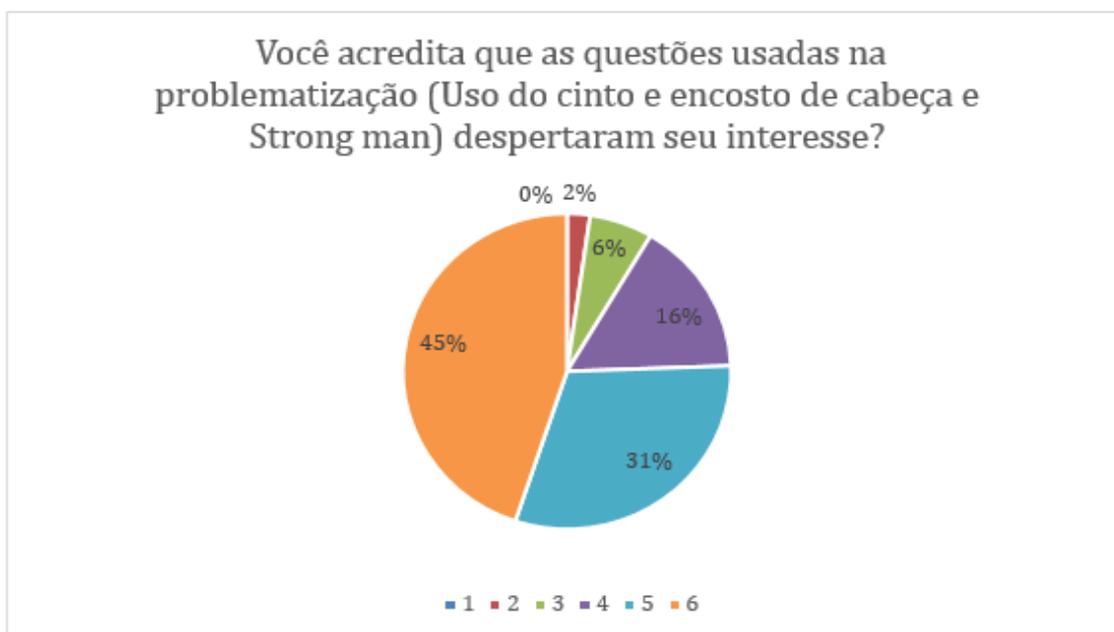


Figura 4.22: Avaliação da Problematização Inicial.

Além disso, pedíamos que os estudantes descrevessem a importância ou não da problematização para o aprendizado deles. Alguns estudantes gostaram da metodologia, como podemos ver em alguns comentários.

“Sim, pois o texto nos despertou a curiosidade, e foi isso que nos ajudou a ter melhor entendimento do conteúdo.”

“Sim, pois muitas pessoas reclamam que não vê a física no dia a dia e com este exemplo parece ter mais sentido aprender a matéria.”

“Sim, pois é de uma forma didática, e nos ajuda a entender melhor o conteúdo. Nos faz imaginar a cena e colocar a fórmula na situação.”

“Sim, porque mostrou que isso tudo que estamos estudando é algo que está presente no cotidiano na nossa realidade.”

No entanto um número significativo dos estudantes não respondeu a questão sobre a problematização. Dos 182 estudantes que responderam o questionário, 28 não se manifestaram, este número representa 15%. Desta forma não podemos determinar se ficaram descontentes com a metodologia ou simplesmente não quiseram se manifestar.

Na sequência, questionamos os estudantes quanto ao uso de simuladores em sala de aula. A Figura 4.23 retrata o percentual de estudantes que já haviam usado esta ferramenta. A grande maioria diz não ter usado como podemos ver.

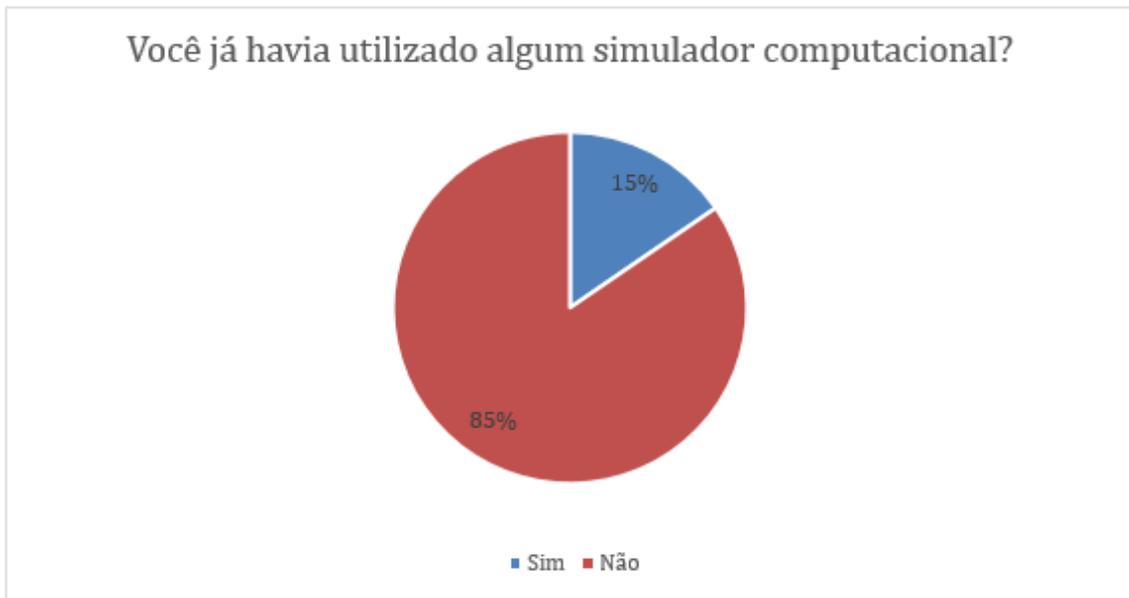


Figura 4.23: Uso do simulador em situações anteriores.

Pedimos ainda que eles descrevessem em qual matéria e com qual finalidade ele usaram, caso a resposta fosse afirmativa. Aqui algumas das respostas:

“Na aula de Matemática, usamos simulador computacional de gráficos.”

“Sei que esta técnica já foi usada em alguma aula de matemática que eu tive, mas não lembro qual era o programa.”

Quando perguntados quanto ao uso do simulador, a maioria respondeu positivamente ao uso. A Figura 4.24 apresenta os resultados.

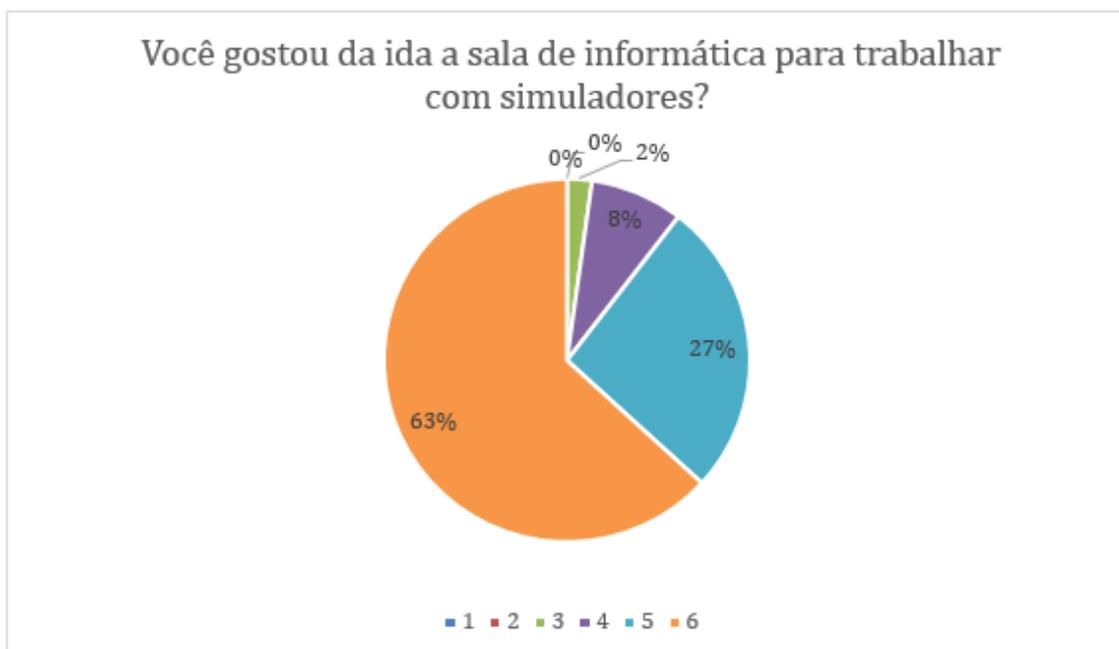


Figura 4.24: Aprovação quanto ao uso do simulador.

Quando perguntados quanto ao aprendizado, grande parte dos estudantes respondeu de forma positiva como sugere as respostas da Figura 4.25.

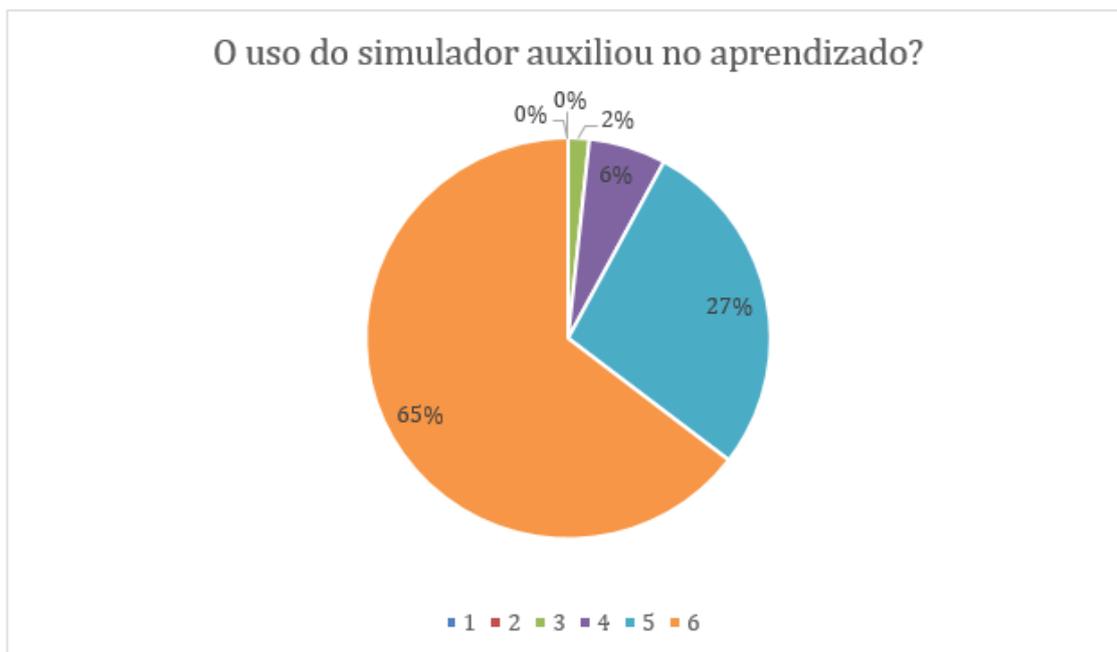


Figura 4.25: Relevância na aprendizagem.

Alguns estudantes ressaltaram relevância do uso do simulador na visualização do problema, como descrito no comentário:

“É uma ótima ideia, pois as vezes fica difícil de imaginar ou entender o que o professor está falando em sala. E com o simulador muitas pessoas tem este problema resolvido.”

Finalizamos o questionário pedindo que os estudantes deixassem sugestões sobre a aula com o uso do simulador. Muitos estudantes sugeriram que o uso do simuladores deveria ser estendido para outros conteúdos de física, por facilitarem a aprendizagem, Algumas das sugestões estão dispostas a seguir:

“Só gostaria que esse tipo de aula se repetisse mais vezes porque estou aprendendo melhor.”

“Que não apenas com as Leis de Newton, mas outros conteúdos que fosse possível utilizar o simulador, pois auxiliou muito na hora de entender o conteúdo.”

“Gostaria que as aulas com simulador continuassem pois elas ajudam e no meu caso, meu entendimento se torna maior.”

Ao longo do ano percebemos que a diferença entre o ensino regular e o integral aumenta. As turmas do ensino integral finalizam o curso melhor preparadas. Isto se dá pelo fato de terem três aulas semanais enquanto o regular tem apenas duas. A escola onde o projeto foi aplicado, tinha como proposta inicial apenas a abertura de turmas de ensino integral. No entanto os alunos começaram a migrar para escolas vizinhas, com a justificativa de terem de trabalhar no turno oposto. Então para não perder estudantes, abriu-se a possibilidade de optar por ensino regular ou integral.

Os resultados do questionário sugerem que ensino e a aprendizagem tornaram-se mais fáceis com o uso dos simuladores como uma ferramenta pedagógica. Nos sentimos satisfeitos por ter realizado um projeto em que um número tão expressivo de estudante tenha aprovado e que inclusive nos pediram que déssemos sequência em outros conceitos físicos.

Capítulo 5

Considerações Finais

Este trabalho foi criado para incentivar o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), por professores do ensino médio, no processo de ensino aprendizagem de conceitos físicos de forças e movimento. Trabalhamos pautados nos três momentos pedagógicos descritos por [Delizoicov, 1991] e utilizamos os simuladores computacionais para reforçar a **Organização do Conhecimento** e a **Aplicação do Conhecimento**. O uso dos simuladores auxiliou na resolução e visualização de situações problema que envolviam a Primeira e a Segunda Lei de Newton.

Alcançamos nosso objetivo com a criação e aplicação de uma sequência didática em forma de roteiro que estará disponível aos professores que tiverem intenção de trabalhar suas aulas com o auxílio de um simulador computacional. Destacamos ainda a importância dos momentos pedagógicos propostos por Delizoicov, que trabalham com questões voltadas para o cotidiano do estudante, dando um sentido mais real e aplicável às leis e aos fenômenos físicos. Com esta metodologia pudemos perceber um crescente interesse nas questões e atividades propostas, que deixaram as aulas muito mais interativas.

As análises quanto à aceitação dos métodos utilizados deixam bem claro que os estudantes aprovaram e gostariam de ter novas experiências com simuladores computacionais na aprendizagem de outros conceitos físicos. As respostas dos questionários de avaliação sugerem que os estudantes conseguiram aprender e reforçar a aprendizagem dos conceitos estudados com mais facilidade. Os estudantes sentiram-se muito à vontade em discutir questões que estavam ligadas a sua rotina. Neste sentido comprovamos a importância dos três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov para fazer uma contextualização dos fenômenos e problemas do mundo real, tornando a aprendizagem significativa.

O uso das TICs veio a acrescentar no processo de ensino-aprendizagem, pois desperta o interesse dos estudantes. Portanto as metodologias baseadas em TICs são ótimas ferramentas e o professor tem um importante papel de orientar o uso deste recurso no ensino. O uso dos simuladores computacionais apesar de suas limitações, decorrentes de hipóteses simplificadoras dos modelos matemáticos, se mostra muito prático e acessível. Além disso, o uso dos simuladores possibilita a realização de experimentos que dificilmente seriam realizados por meio de experimentos reais, tanto por causa do custo, quanto da facilidade para operar mudanças nas configurações da experiência. Avaliamos o uso desta metodologia com a utilização de simuladores computacionais, uma ótima ferramenta para as aulas de Física, deixando-as mais interativas e atraentes.

O trabalho teve uma aceitação ótima e ficou evidente que podemos continuar usando as simulações para facilitar a aprendizagem de outras áreas do ensino de física.

Referências Bibliográficas

[agenciabrasil, 2017] Disponível em:

<http://agenciabrasil.abc.com.br/educacao/noticia/2016-02/13-milhao-de-jovens-entre-15-e-17-anos-abandonam-escola-diz-estudo>. Acesso em Fevereiro de 2017.

[Arantes et al, 2010] Alessandra Riposati, Arantes, Márcio Santos Miranda e Nelson Studart. Física na Escola, v. 11, n. 1, 2010

[Borba, 2016] Marcelo de Carvalho Borba e Miriam Godoy Penteadó, Informática e Educação Matemática, v.5. Ed.; 2. Belo Horizonte, Autêntica Editora, 2016.

[Camillo, 2015] Juliano Camilo, Contribuições iniciais para uma filosofia da educação em ciências, tese de doutorado, USP, 2015.

[Coelho, 2002] Rafael Otto Coelho, O Uso da Informática no Ensino de Física de Nível Médio, Dissertação de Mestrado, UFPelotas/RS, 2002.

[Costa, 2015] Oaní da Silva da costa. Jogos eletrônicos e ensino de física: potenciais e possibilidades. 2015. 69 f. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura - Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/136533>>.

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

[Delizoicov, 1998] Demétrio Delizoicov. Problemas e Problematizações, 1998. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/276013/mod_resource/content/3/Problemas_problematizacao.pdf> Visitado Outubro de 2016.

[Delizoicov et al, 2002] Demétrio Delizoicov, José André Angotti, Marta Maria Pernambuco, Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos, 3Ed., Editora Cortez, 2002.

[Delizoicov, 2005] Demétrio Delizoicov, Resultados da pesquisa em ensino de ciências: comunicação ou extensão? cad. bras. ens. fís., v. 22, n. 3: p. 364-378, 2005.

[Filho, 2010] Geraldo Felipe de Souza Filho, Simulações Computacionais para o Ensino de Física Básica: Uma Discussão sobre Produção e Uso, dissertação de mestrado, UFRJ / IF, 2010.

[Gehlen et al, 2012] Simoni Tormöhlen Gehlen, Otavio Aloisio Maldaner e Demétrio Delizoicov, Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo:

complementaridades e contribuições para a educação em ciências, *Ciência & Educação*, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012.

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

[Heckler et al, 2007] Valmir Heckler, Maria de Fátima Oliveira Saraiva e Kepler de Souza Oliveira Filho. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 2, p. 267-273, (2007) <www.sbfisica.org.br>

[IDEB, 2016] Disponível em <http://ideb.inep.gov.br/resultado/resultado/resultadoBrasil.seam?cid=6659454> Acesso em fevereiro de 2016.

[Jornal.usp, 2016] Disponível em < <http://jornal.usp.br/ciencias/estudo-de-ciencias-nas-escolas-precisa-ser-debatido-defende-pesquisador/>> Acesso novembro de 2016.

[Junior, 2005] Moacir da Rosa Miranda Junior, *Introdução ao uso da Informática no Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado, UFRGS, 2005.

[Lopes et al, 2016] Bruno Gonçalves Lopes, Walisson Santos Duarte, Tiago do Carmo Nogueira, Renata Francisca Ferreira Lopes, Deller Jemes Ferreira, *Método de Ensino de Programação Mediada por Simulação: Um Estudo de Caso no Curso Técnico Integrado em Informática*, V Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2016).

[Macêdo, 2012] Josué Antunes de Macêdo, Adriana Gomes Dickman e Isabela Silva Faleiro de Andrade, *Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade*, *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 29, n. Especial 1: p. 562-613, 2012.

[Moreira, 2012] Marco Antonio Moreira, *O que é afinal aprendizagem significativa*, Instituto de Física – UFRGS, <www.if.ufrgs.br/~moreira>

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

[Mercado, 1998] Luís Paulo Leopoldo Mercado, *Formação Continuada de professores e Novas tecnologias*, IV Congresso RIBIE, Brasília UF, 1998.

[Nogueira et al, 2013] Luana Karinne da Costa Nogueira, Cleidinalva Maria Barbosa Oliveira, Sandra Suely Oliveira e Arnaldo Oliveira Souza Júnior, *Formação de professores e Tecnologias da Informação (TICs): uma relação necessária para o uso de recursos tecnológicos na educação*, X Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância, Belém, 2013.

[Nussenzveig, 2002] Herch Moysés Nussenzveig, Curso de Física Básica, vol. I, 4ª ed., Edgard Blücher, São Paulo, 2002.

[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.mec, 2016] Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>> Acesso em julho de 2016.

[portal.mec2, 2016] Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/profunc/infor_aplic_educ.pdf> Acesso em novembro de 2016.

[portal.mec3, 2016] Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=13156:proinfo-integrado>>. Acesso em novembro 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.

[Peduzzi, 1988] S. S. Peduzzi e L. O. Q. Peduzzi, Leis de Newton: uma forma de ensiná-las. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 5 (3), p. 142-161, 1988.

[Peduzzi et al, 1992] Luiz O. Q. Peduzzi, Arden Zylbersztajn e Marcos Antonio Moreira, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 14 n°4, 1992.

[PCN, 2006] PCN+ - Ensino Médio Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>

[Rehn et al, 2013] Daniel A. Rehn, Emily B. Moore, Noah S. Podolefsky, e Noah D. Finkelstein, Journal of Teaching and Learning with Technology, Vol. 2, N°. 1, 2013.

[Ribeiro e Carvalho, 2012] Raimunda Maria da Cunha Ribeiro e Carmen Maria Cavalcante Nogueira de Carvalho, O desenvolvimento da autonomia no processo de aprendizagem em Educação a Distância (EAD), Revista Aprendizagem em EAD, Vol. 1, DF, 2012. Disponível em: <<http://portalrevistas.ucb.br/index.php/raead>>

[Rosa, 2013] Rosemar Rosa, Trabalho docente: dificuldades apontadas pelos professores no uso das tecnologias, Revista Encontro de Pesquisa em Educação, VII Entro de pesquisa em educação, Uberaba, v. 1, n.1, p. 214-227, 2013.

[Souza e Dandolini, 2009] João Artur de Souza e Gertrudes Aparecida Dandolini, Utilizando simulação computacional como estratégia de ensino: estudo de caso, CINTED-UFRGS Novas Tecnologias na Educação, V. 7 N° 1, 2009.

[Sokoloff e Thornton, 1997] David R. Sokoloff and Ronald K. Thornton, Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment, 1997.

[Stuart, 2014] Nelson Studart: Games, Simulações e Gamificação no ensino de física, I Escola Brasileira de Ensino de Física, UFABC , 2014.

[Stephens e Clement, 2015] A. Lynn Stephens , John J. Clement, Uso de simulações de física em configurações de classe inteira e em pequenos grupos: Estudos de caso comparativos, Departamento de TECS, Faculdade de Educação, Universidade de Massachusetts, Furcolo Hall, Amherst, MA 01003, EUA, 2015.

[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.

[*teaching-resources*, 2016] Disponível em: < https://phet.colorado.edu/pt_BR/teaching-resources> Acesso em agosto de 2016.

[UNESCO, 2016] Representação da UNESCO no Brasil. Disponível em <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/communication-and-information/access-to-knowledge/ict-in-education>>. Acesso em julho de 2016.

[Valente e Almeida, 1997] José Armando Valente e Fernando José de Almeida, Visão analítica da informática na educação no brasil: a questão da formação do professor, NIED-UNICAMP / PUC-SP. 1997. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/hjbortol/car/library/valente.html>>

[Veit e Araujo, 2010] Eliane Angela Veit e Ives Solano Araujo, Textos de Apoio ao Professor de Física, I Escola Brasileira de Ensino de Física, v.21 n.6, 2010. Instituto de Física – UFRGS, 2010.

[Wieman et al, 2010] C. E. Wieman, Boulder, CO W. K. Adams, P. Loeblein, and K. K. Perkins, Ensino de Física Usando PhET Simulações, University of Colorado e University of British Boulder, CO, The Physics Teacher , Vol. 48, 2010.

[Wiki, 2016] Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Seymour_Papert>. Acesso em janeiro de 2017.

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

[Zylbersztajn, 1983] A. Zylbersztajn, Concepções Espontâneas em Física: Exemplos em Dinâmica e implicações para o Ensino, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.5, p. 3-16, 1983. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol05a09.pdf>>

Apêndice A

Roteiro de Atividades: Primeira Lei de Newton

Este roteiro é composto por uma sequência didática de cinco atividades que incluem os três momentos pedagógicos de [Delizoicov, 1991]. As atividades incluem discussão de textos que apresentam problemas do cotidiano e que envolvem as leis do movimento de Newton. A intenção dos roteiros é auxiliar o professor a trabalhar com o simulador, com o intuito de facilitar a compreensão de conceitos físicos pelos estudantes. Para trabalhar com os simuladores o professor deve ter noções básicas de computação. Neste apêndice são abordadas questões relacionadas a Primeira lei de Newton, nele tem proposta para o professor trabalhar em sala com lista de atividades e questões para seres respondidas na sala de informática, com o auxílio do simulador, em situações com e sem atrito. Sugerimos que se faça o *download* do simulador para o caso de falhas na conexão os trabalhos não serem interrompidos.

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 pouco 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 a cima, 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 Contran 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.

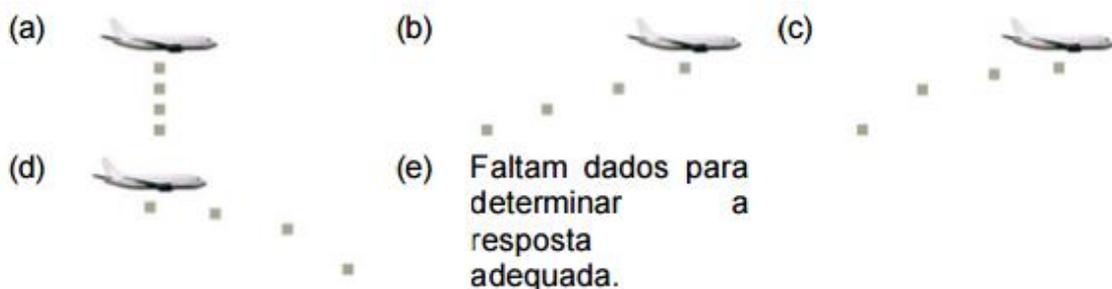
Questões que podem ser trabalhadas com a sala:

- 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



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 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.

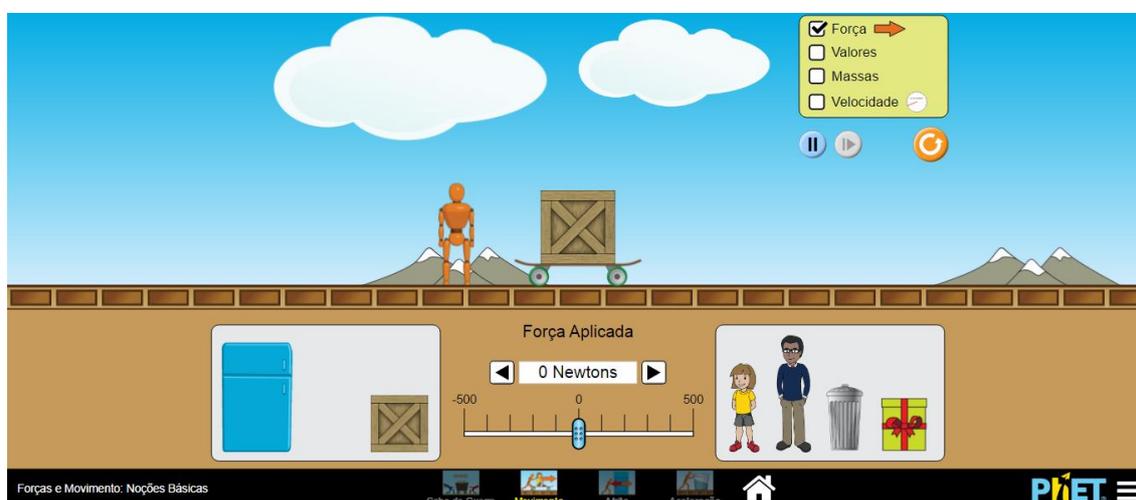


Figura 1.2: Opção Movimento sem atrito, para verificar a inércia de movimento (<https://phet.colorado.edu>).

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.

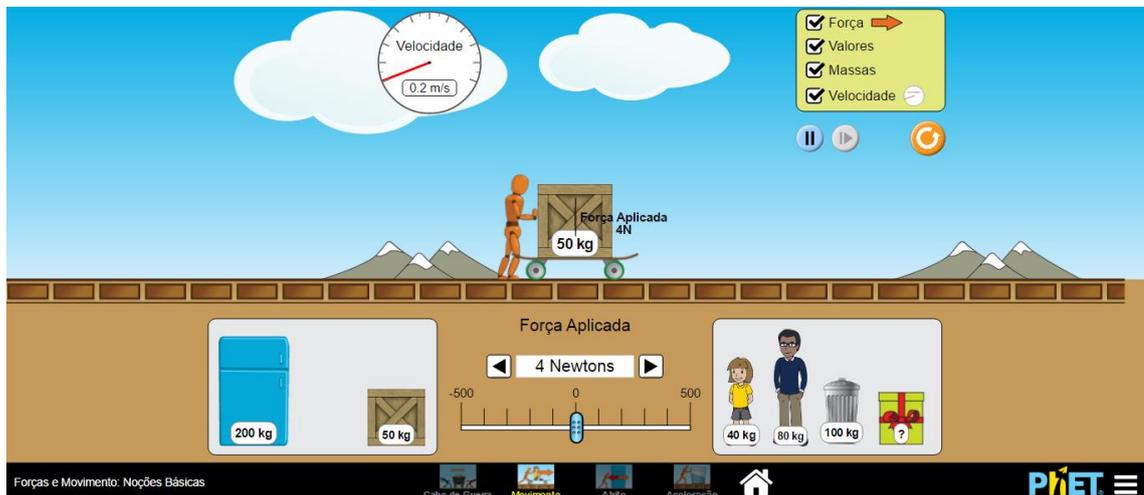


Figura 1.3: Força de 4N aplicada provocando movimento acelerado (<https://phet.colorado.edu>).

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.

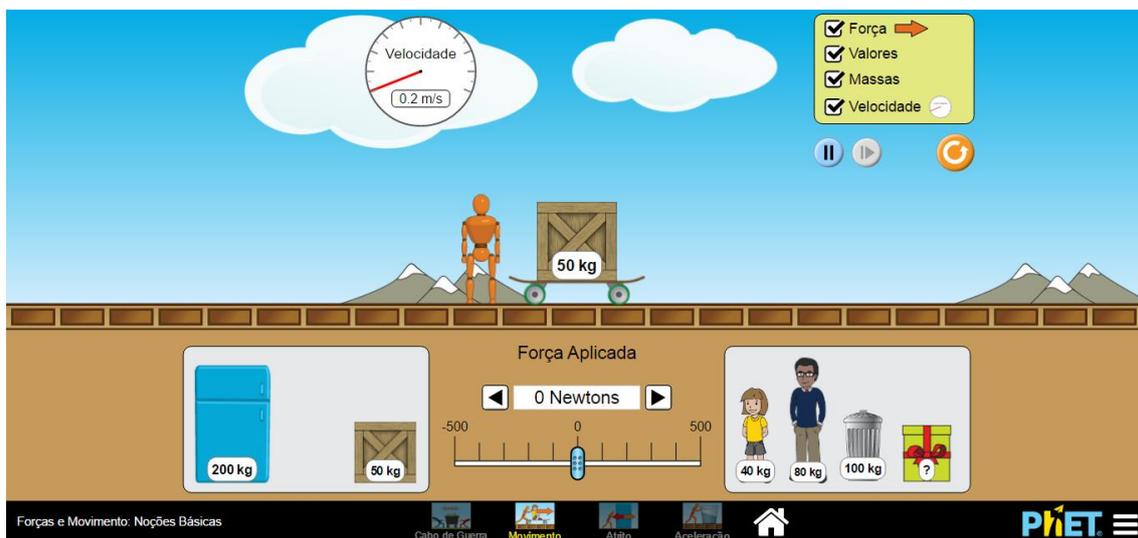


Figura 1.4: Sem força aplicada, inércia com Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) (<https://phet.colorado.edu>).

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.

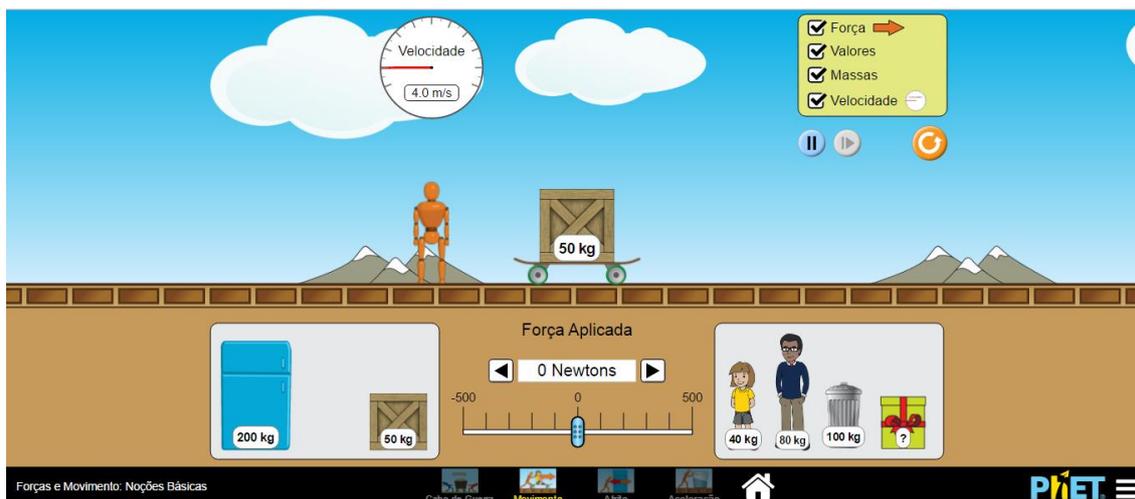


Figura 1.5: Sem atrito o carrinho segue em MRU (<https://phet.colorado.edu>).

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.

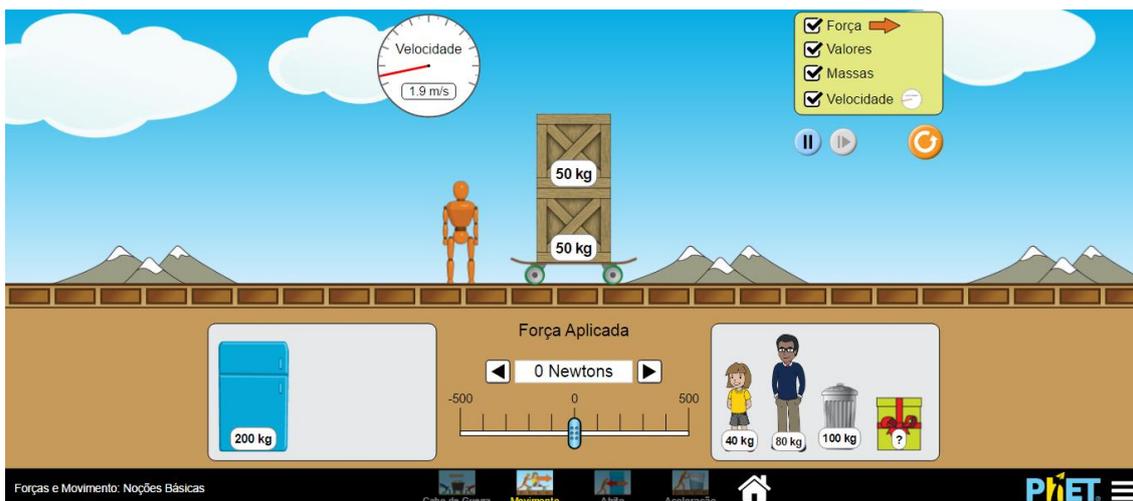


Figura 1.6: A massa diretamente proporcional a inércia (<https://phet.colorado.edu>).

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.

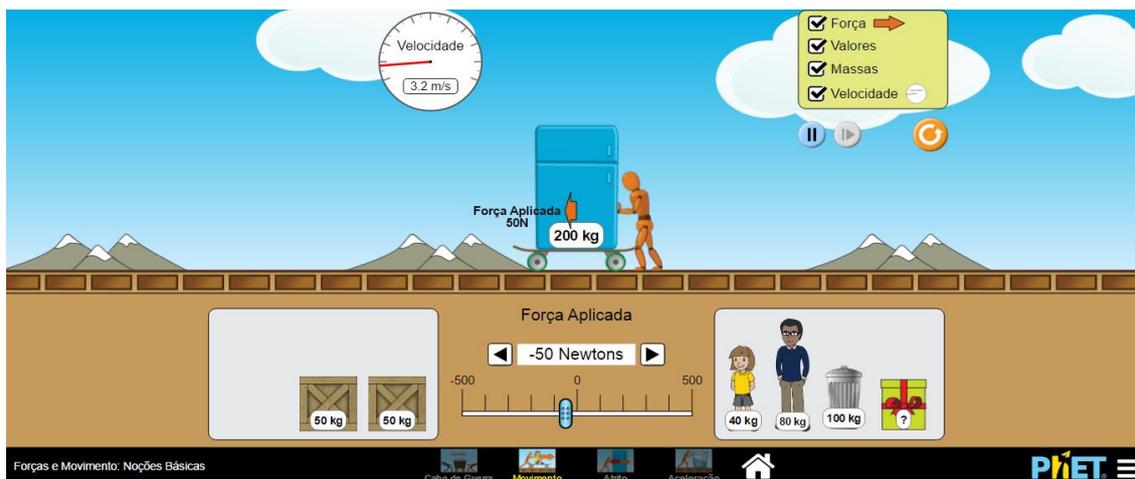


Figura 2.1: Tendência de continuar em movimento, inércia de MRU (<https://phet.colorado.edu>).

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.

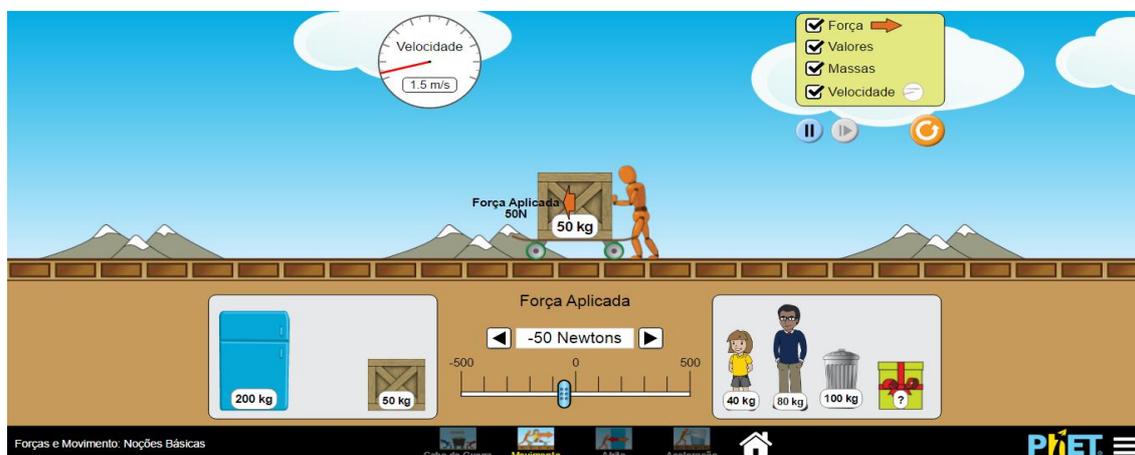


Figura 2.2: Inércia de MRU proporcional à massa (<https://phet.colorado.edu>).

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.

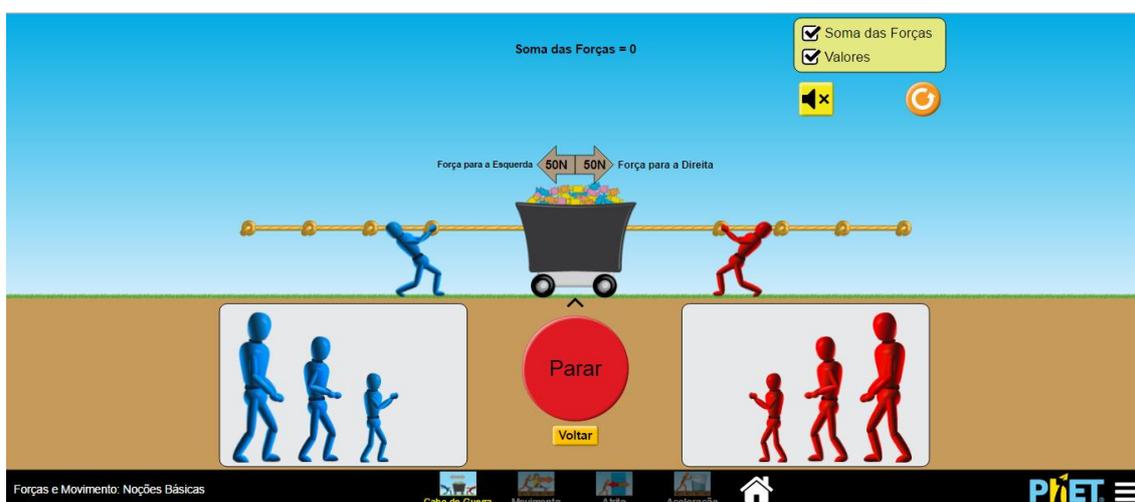


Figura 2.4: Soma de Forças igual a zero em repouso (<https://phet.colorado.edu>).

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.

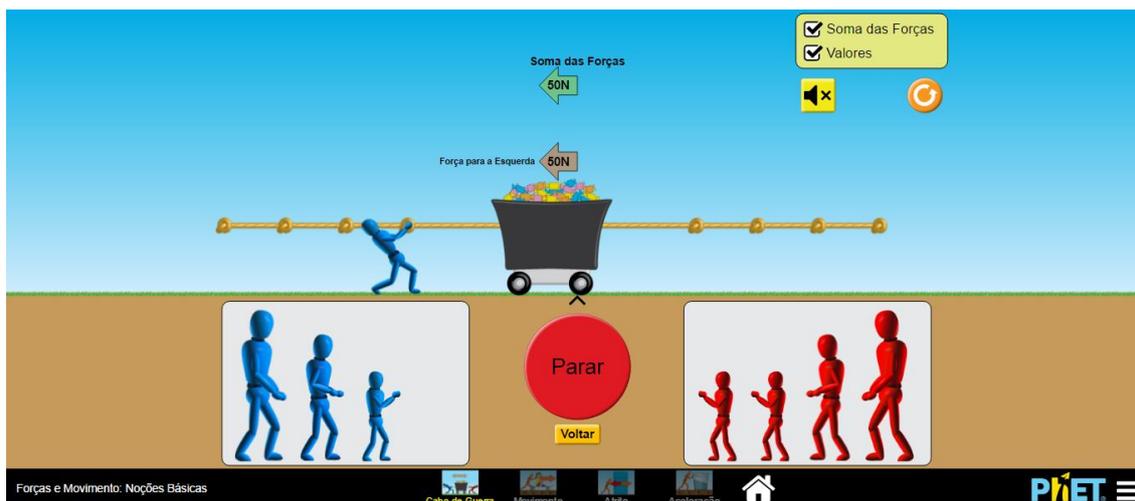


Figura 2.5: Soma de Forças de 50N para esquerda MRUV (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado) (<https://phet.colorado.edu>).

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.

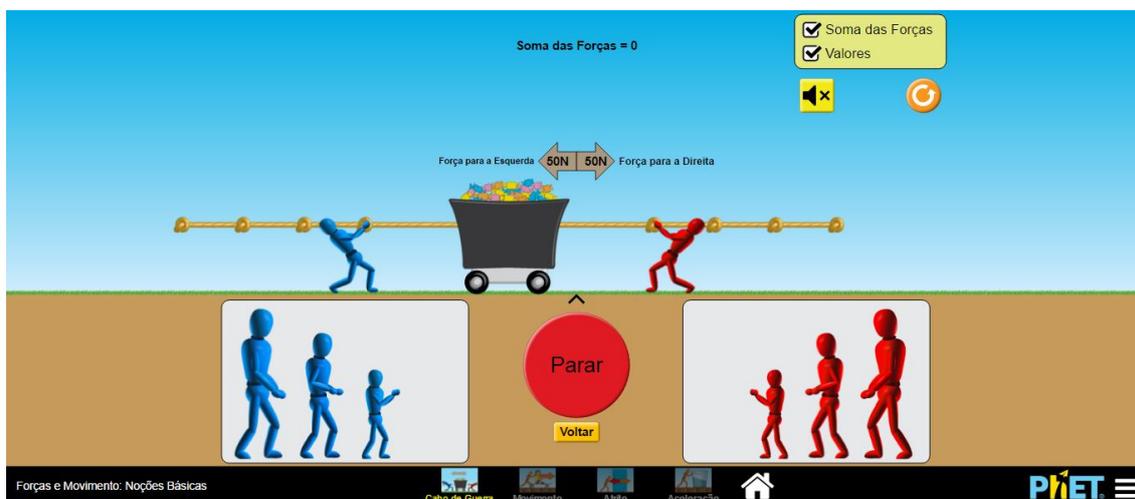


Figura 2.6: Soma de Forças igual a zero com inércia de MRU (<https://phet.colorado.edu>).

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.

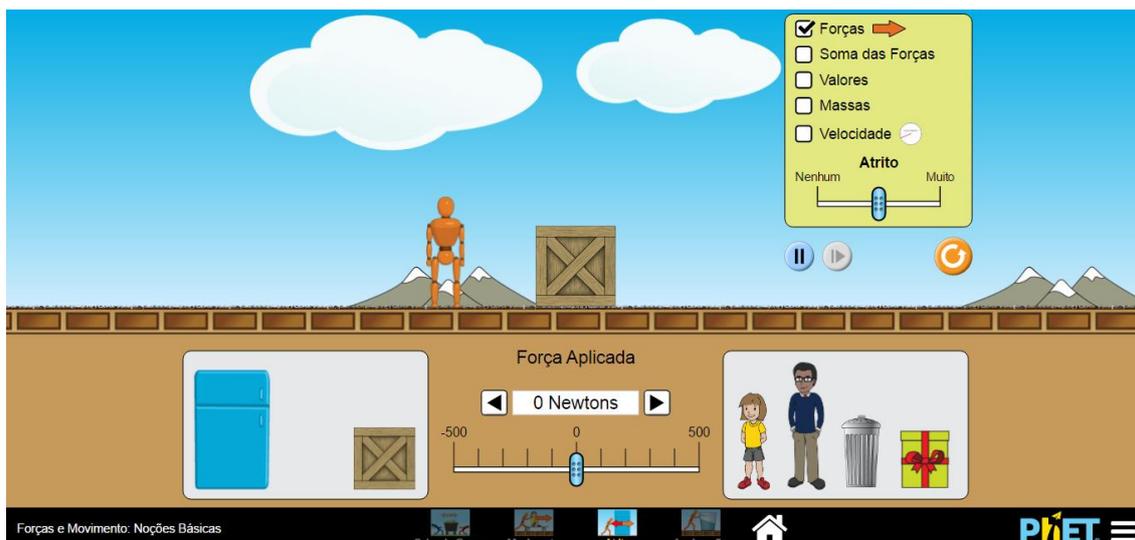


Figura 3.1: Interface inicial: opção com atrito (<https://phet.colorado.edu>).

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.

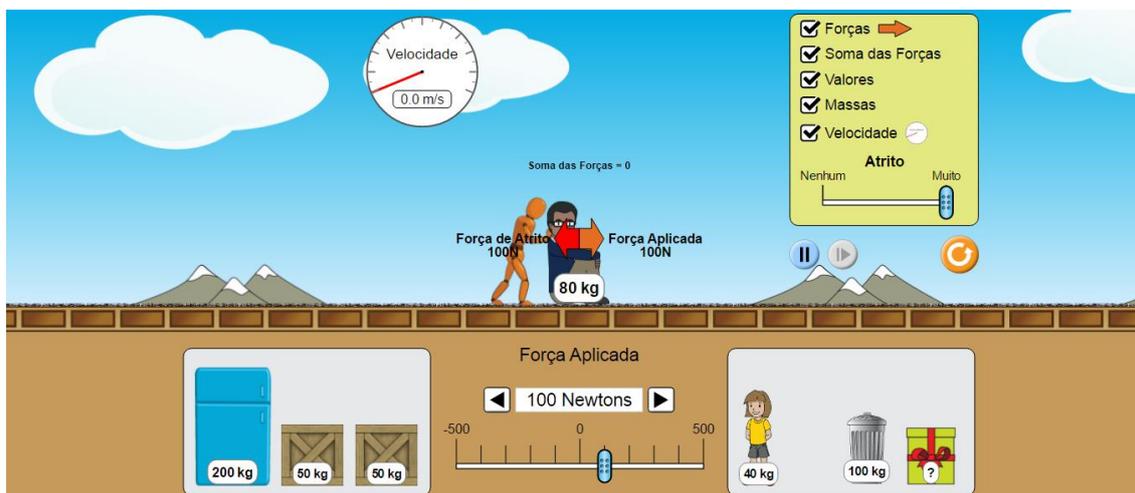


Figura 3.2: Soma de Forças igual a zero com 100N aplicados, situação com atrito, inércia de repouso (<https://phet.colorado.edu>).

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.

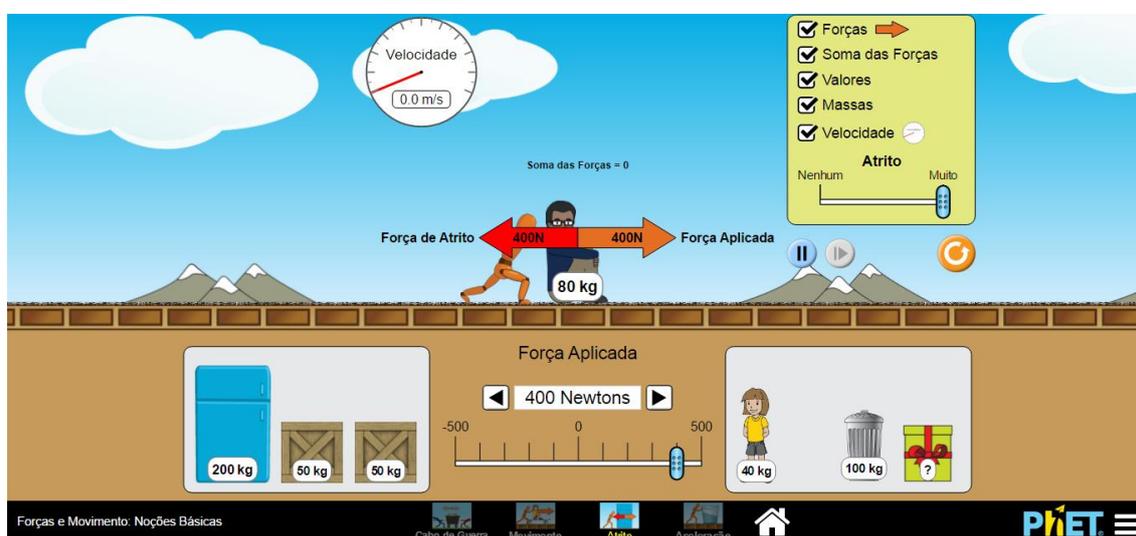


Figura 3.3: Força de atrito máxima de 400N, situação com repouso (<https://phet.colorado.edu>).

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.

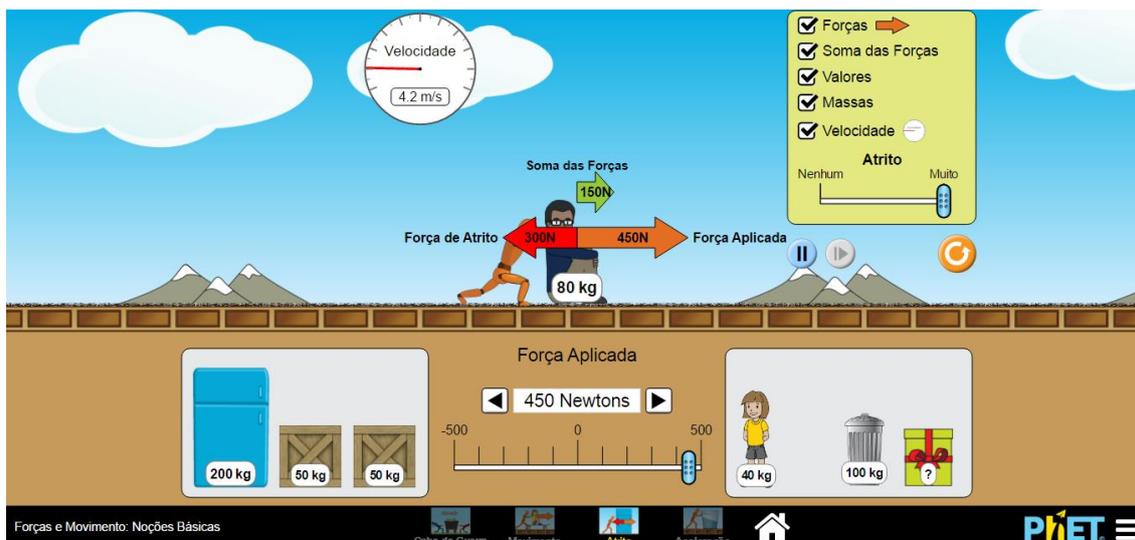


Figura 3.4: Soma das Forças igual 150N com MRUV (<https://phet.colorado.edu>).

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.

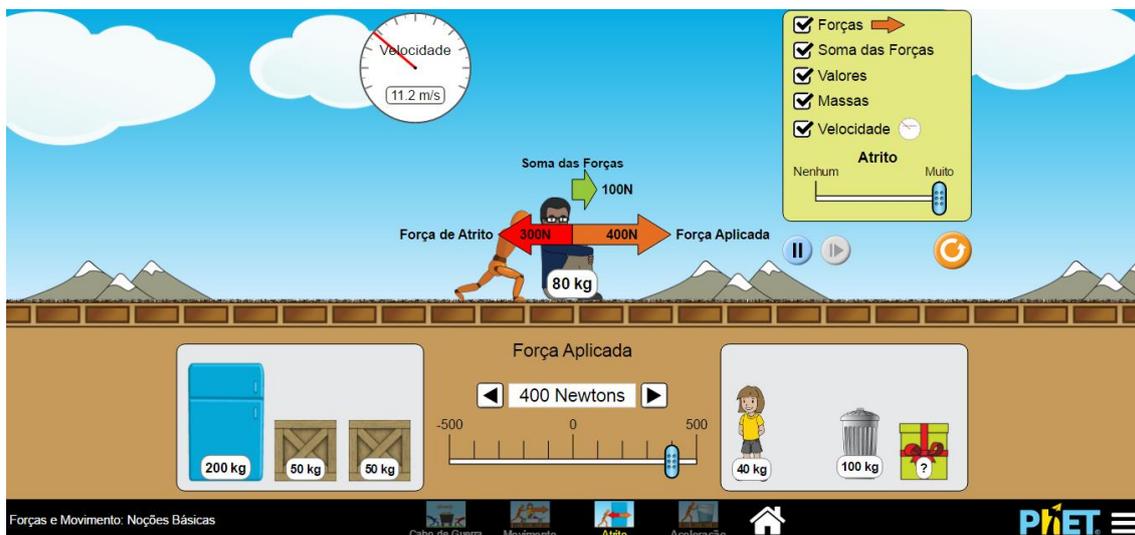


Figura 3.5: Força aplicada menor que a força de atrito máxima, situação com atrito cinético (<https://phet.colorado.edu>).

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.

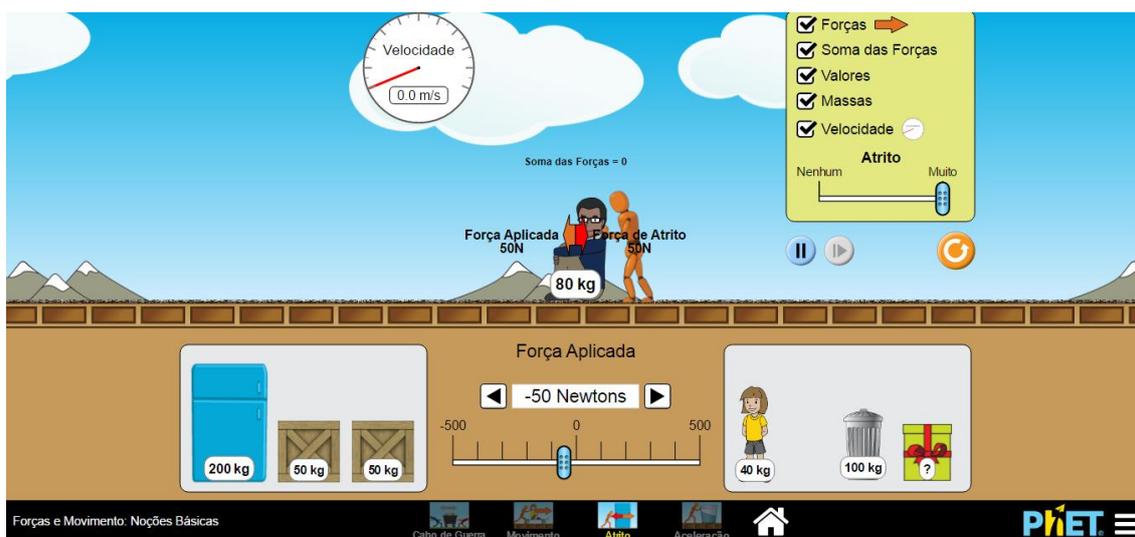


Figura 3.7: Enfatizando que a força de atrito tem mesma direção da força aplicada porém sentido diferente (<https://phet.colorado.edu>).

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

Apêndice B

Roteiro de Atividades: Segunda Lei de Newton

Este roteiro é composto por uma sequência didática de cinco atividades que incluem os três momentos pedagógicos de [Delizoicov, 1991]. As atividades incluem discussão de textos que apresentam problemas do cotidiano e que envolvem as leis do movimento de Newton. A intenção dos roteiros é auxiliar o professor a trabalhar com o simulador, com o intuito de facilitar a compreensão de conceitos físicos pelos estudantes. Para trabalhar com os simuladores o professor deve ter noções básicas de computação. Este apêndice trata da Segunda Lei de Newton e aborda situações que incluem o plano inclinado, com situações 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:

Duas aula 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:

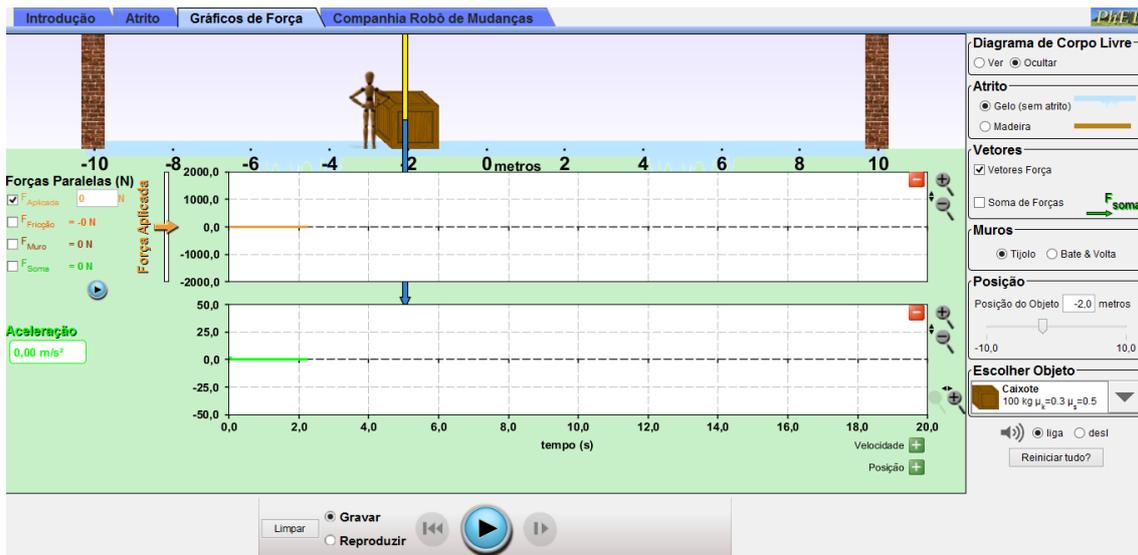


Figura 1.1: Segunda Lei de Newton sem Atrito (<https://phet.colorado.edu>).

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.

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

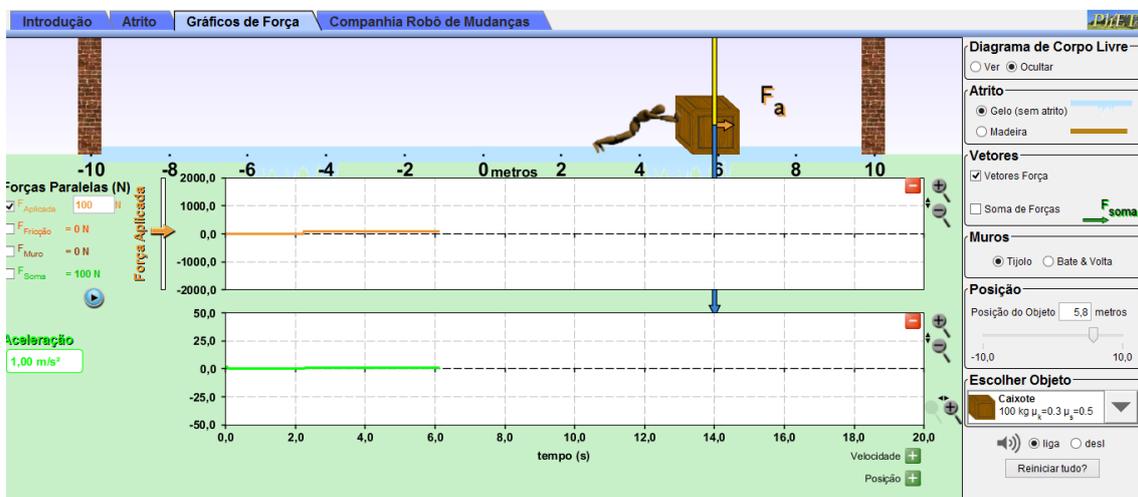


Figura 1.2: Toda força produz aceleração sem atrito (<https://phet.colorado.edu>).

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.

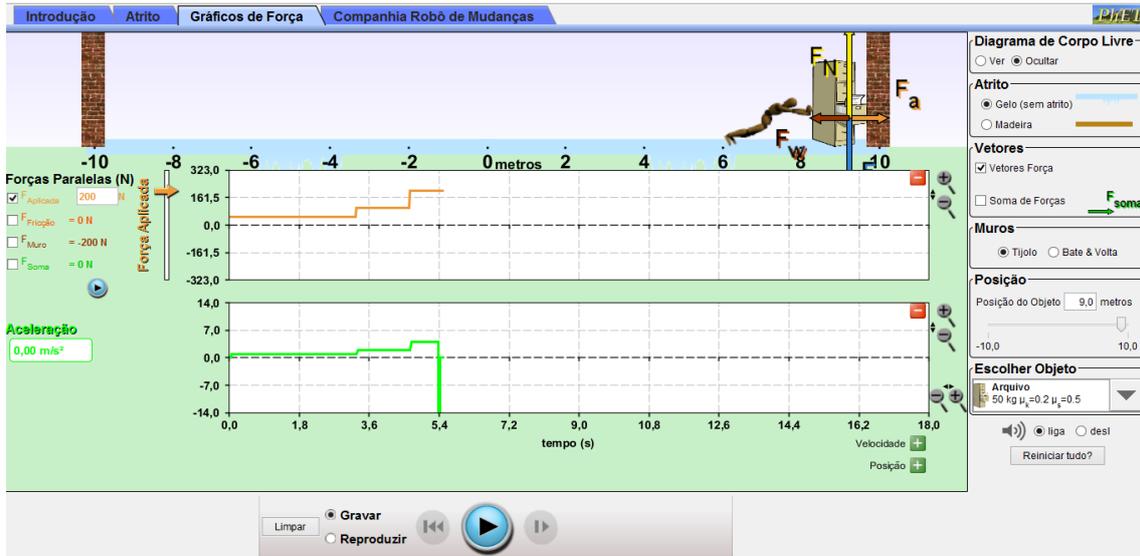


Figura 1.3: Gráficos que evidenciam que aceleração é proporcional à força aplicada (<https://phet.colorado.edu>).

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.

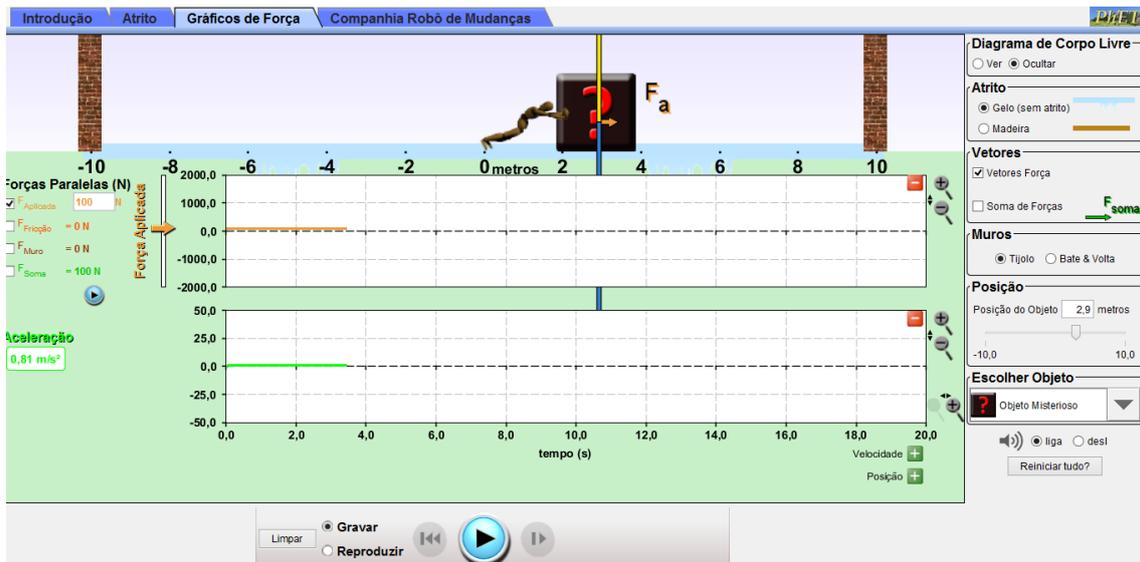


Figura 1.4: Como determinar a massa de um objeto tendo somente a força aplicada e a aceleração adquirida? (<https://phet.colorado.edu>).

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 $1m/s^2$.

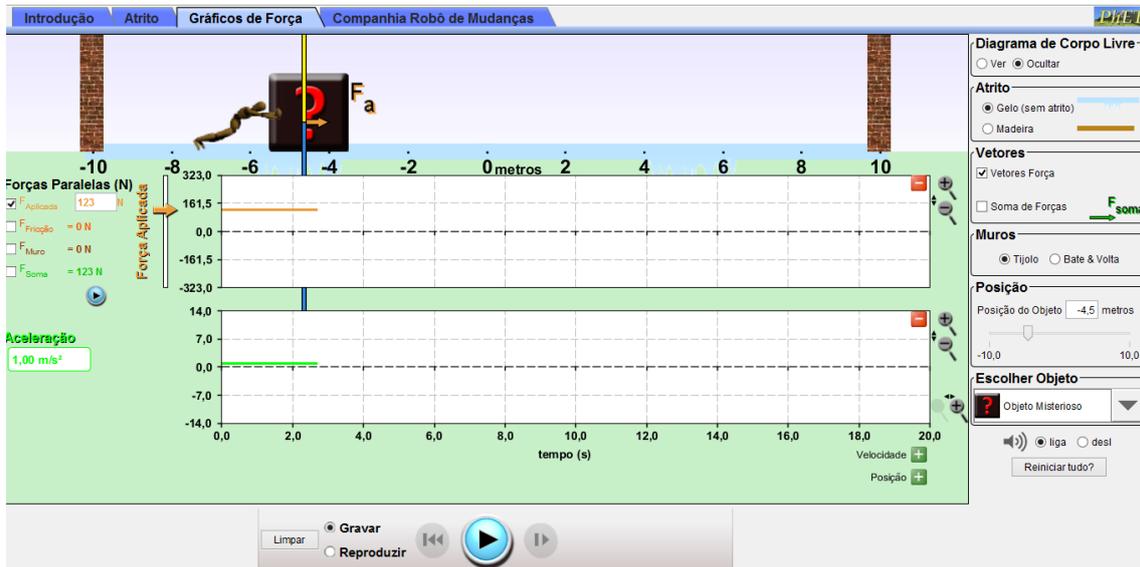


Figura 1.5: confirmação da massa (<https://phet.colorado.edu>).

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:

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

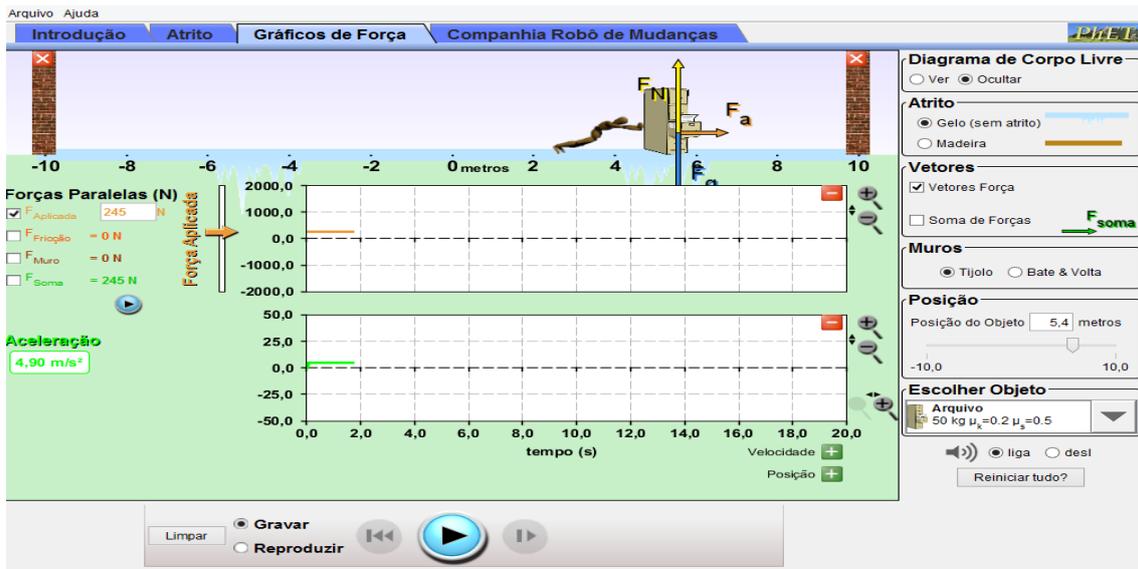


Figura 2.1: Toda força aplicada produz aceleração em situações sem atrito (<https://phet.colorado.edu>).

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.

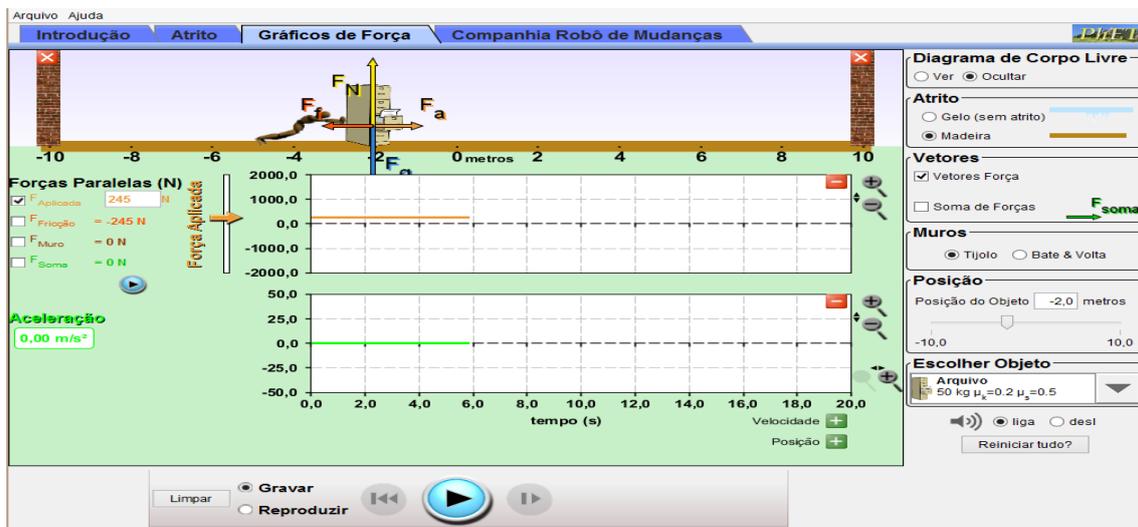


Figura 2.2: Força de atrito máxima, situação sem movimento em um somatório de forças nulo (<https://phet.colorado.edu>).

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 $2,96$ m/s², como mostra a Figura 2.3.

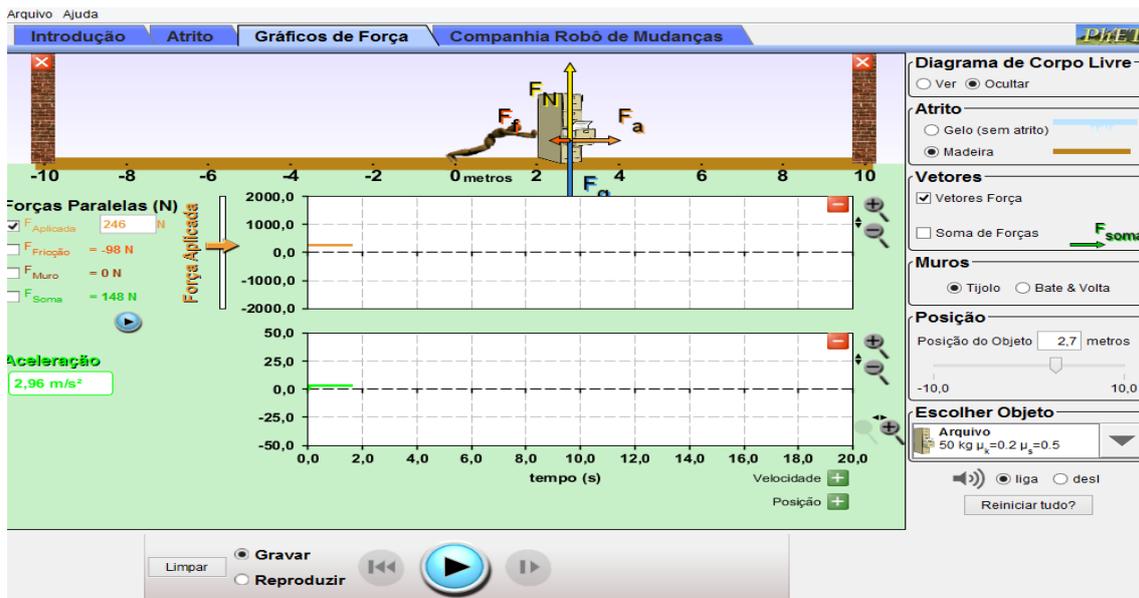


Figura 2.3: Aceleração com somatório de forças positivo, com força de atrito cinética (<https://phet.colorado.edu>).

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.

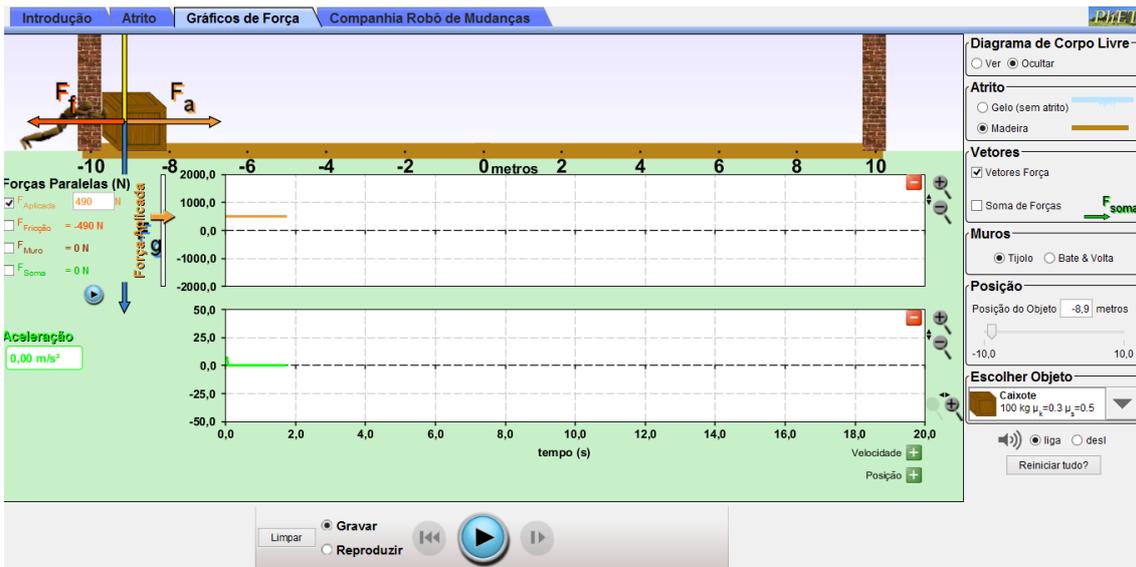


Figura 2.4: Força aplicada menor que a força de atrito estática máxima, situação de repouso (<https://phet.colorado.edu>).

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.

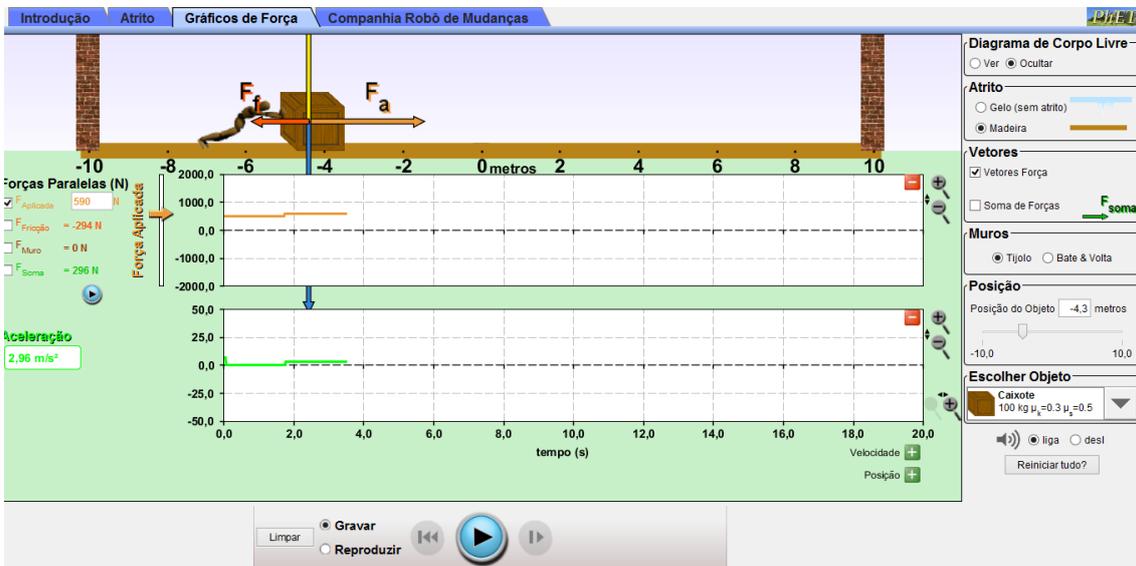


Figura 2.5: Força aplicada maior que a força de atrito estática máxima, situação de MRUV (<https://phet.colorado.edu>).

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.

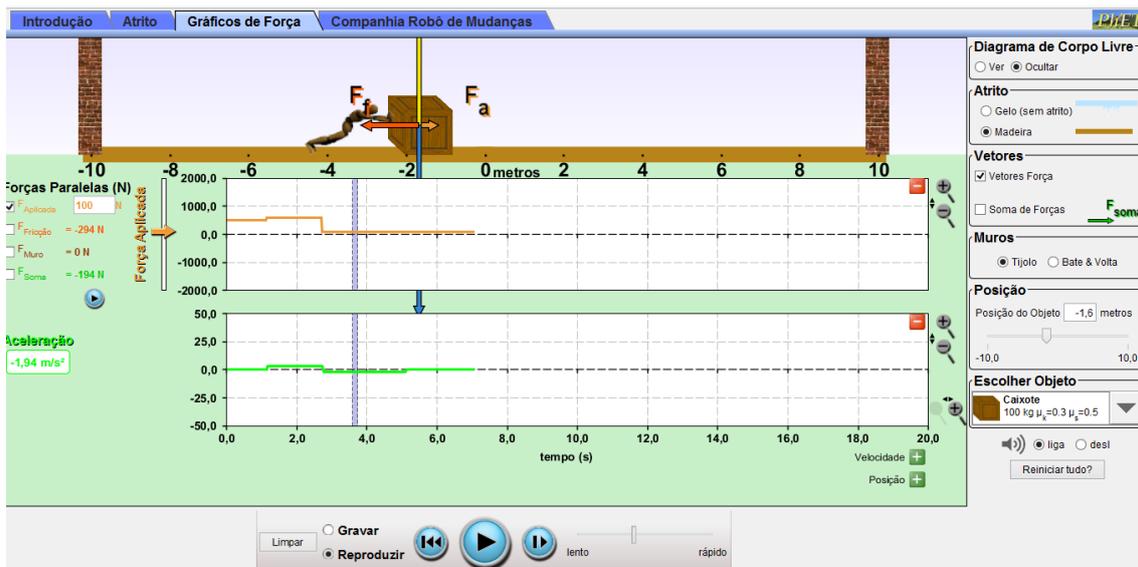


Figura 2.6: Força aplicada menor que a força de atrito cinética, com somatório negativo e desaceleração. (<https://phet.colorado.edu>).

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.

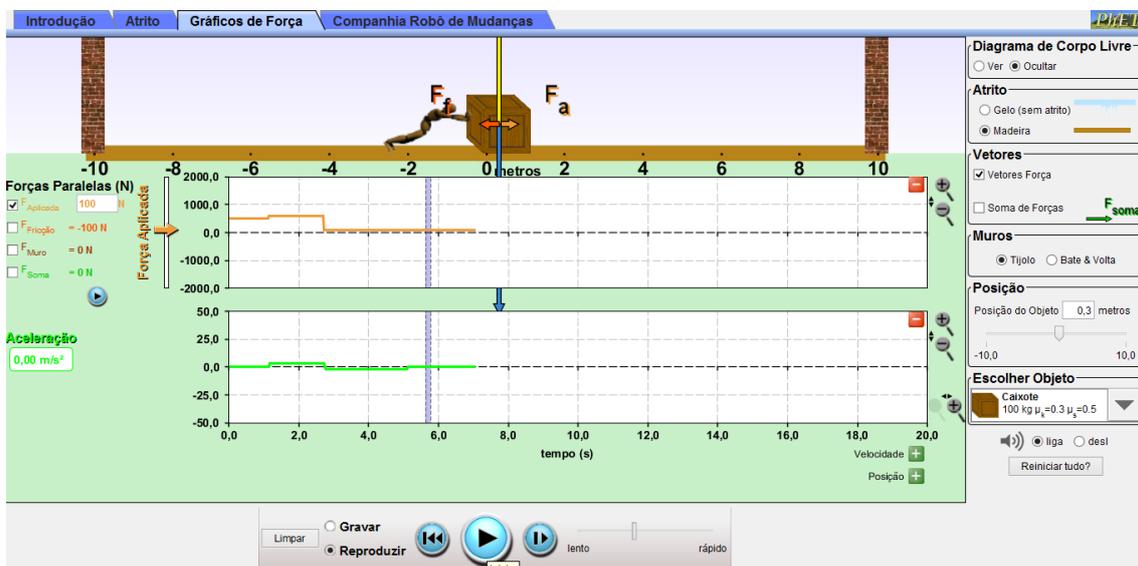


Figura 2.7: Desaceleração até o repouso, no momento que a caixa para a força de atrito se iguala a força aplicada (<https://phet.colorado.edu>).

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).

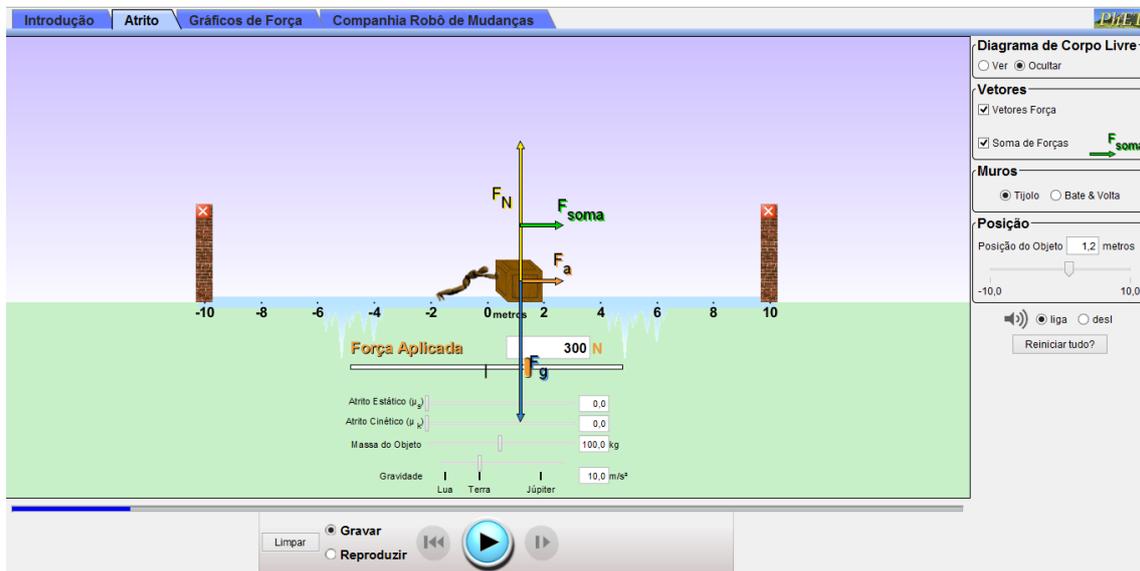


Figura 2.8: A influência da gravidade na força de atrito (<https://phet.colorado.edu>).

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.

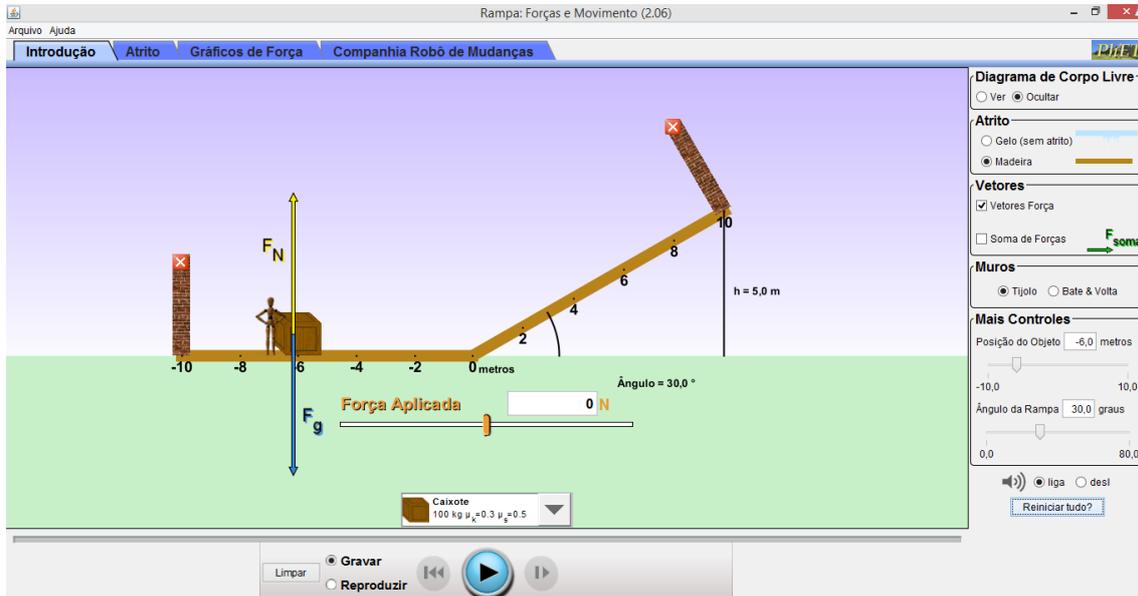


Figura 3.1: Analisando as componentes da força Peso em um plano horizontal (<https://phet.colorado.edu>).

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, consequentemente 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 consequentemente 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.

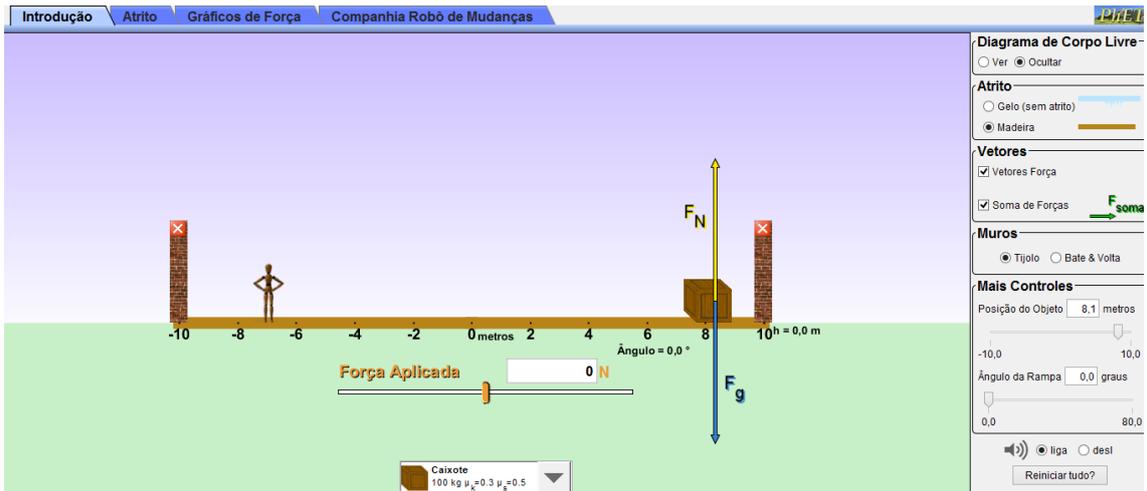


Figura 3.2: Normal igual ao Peso em módulo e direção em um plano horizontal (https://phet.colorado.edu).

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.

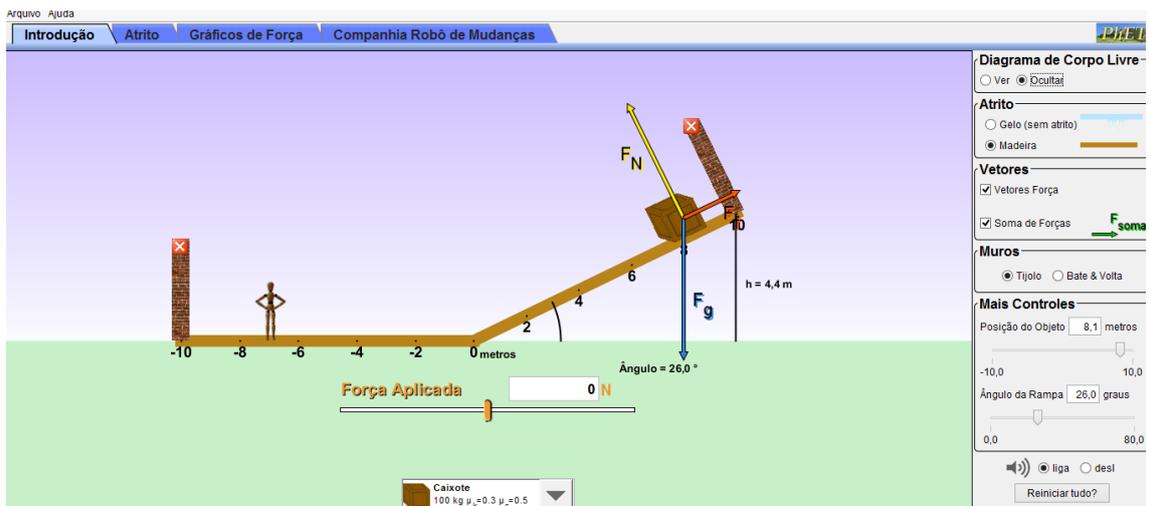


Figura 3.3: Decréscimo da força Normal pela inclinação (https://phet.colorado.edu).

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.

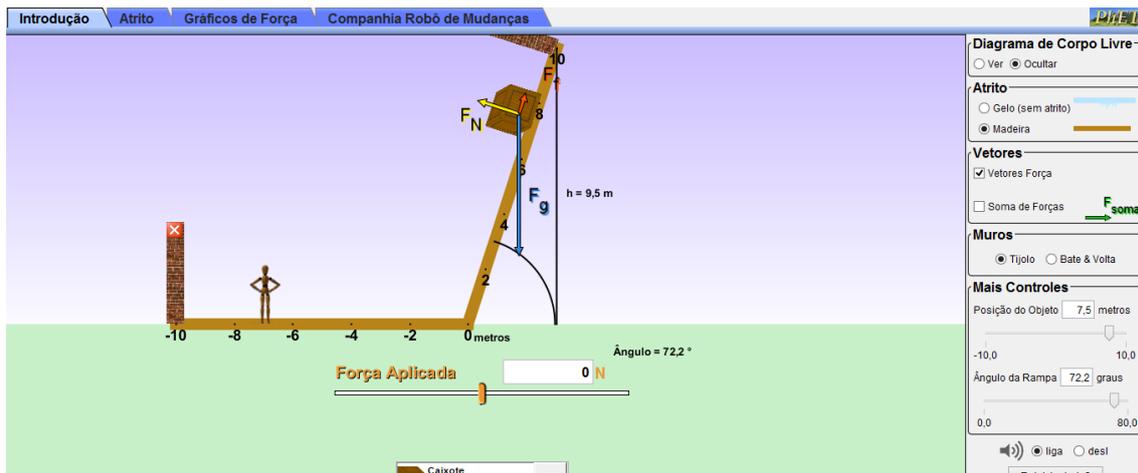


Figura 3.4 A força Normal vai a zero na vertical, e a força de atrito também (<https://phet.colorado.edu>).

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.

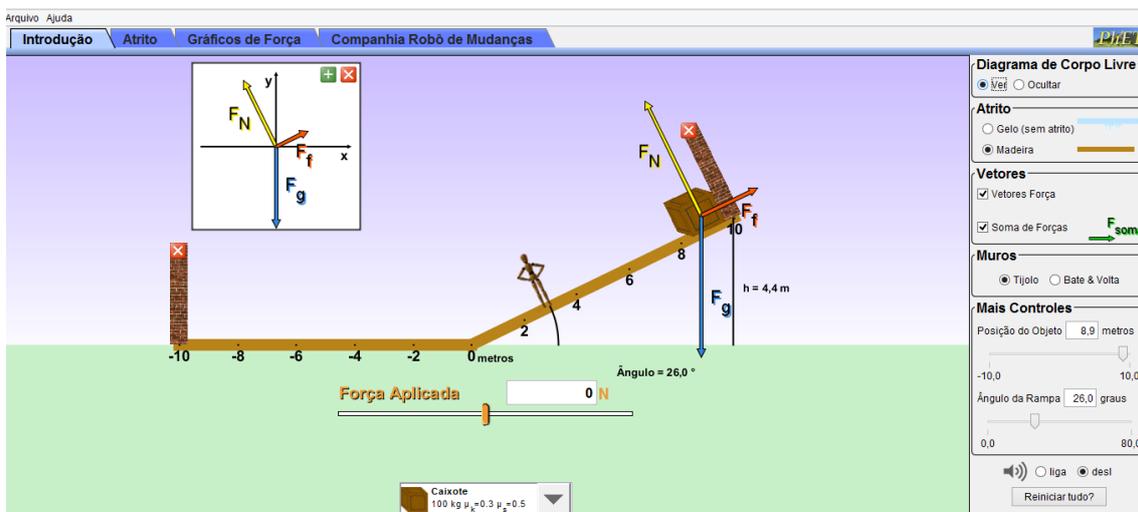


Figura 3.5: Força de atrito cresce com o decréscimo da inclinação da rampa (<https://phet.colorado.edu>).

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.

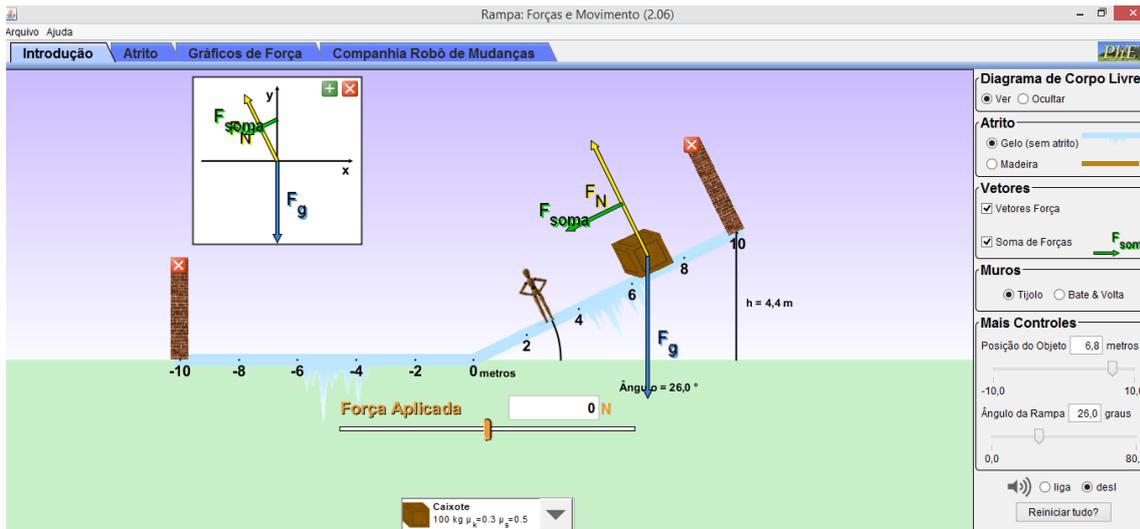


Figura 3.6: Rampa sem atrito, aumento na tendência de escorregar (<https://phet.colorado.edu>).

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.

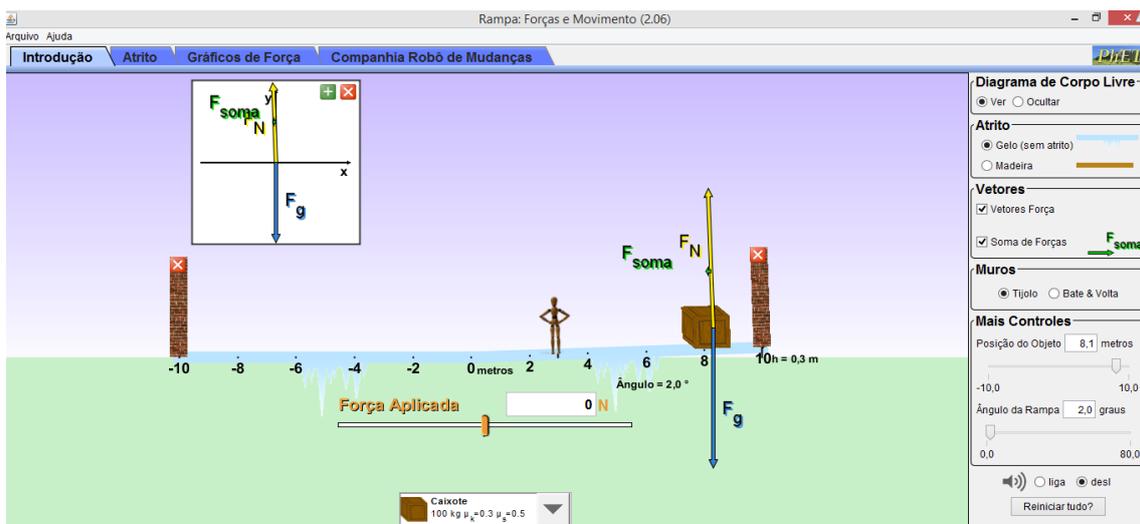


Figura 3.7: Aceleração mesmo com inclinações pequenas (<https://phet.colorado.edu>).

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.

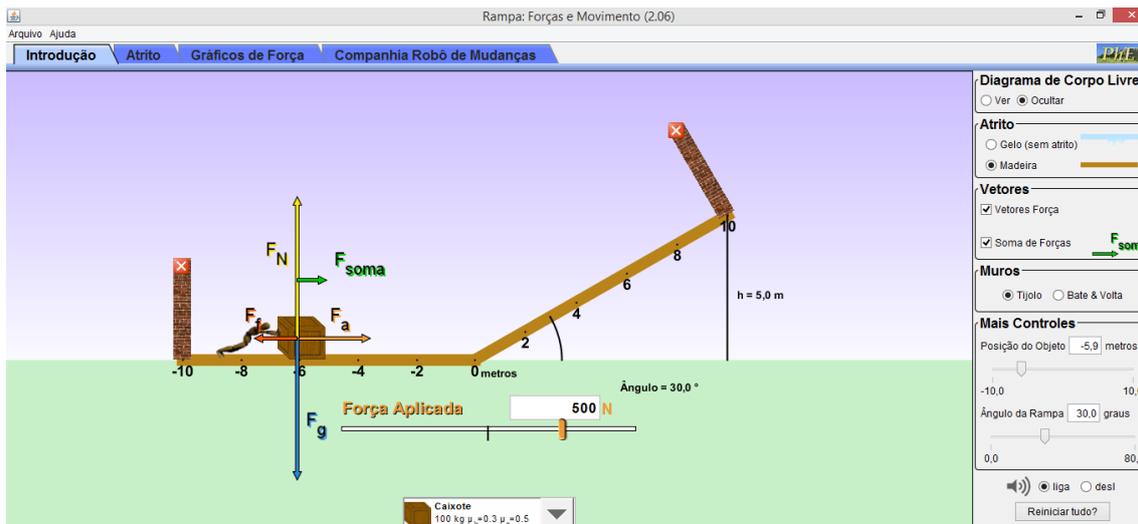


Figura 3.8: No plano somatório positivo, Normal e peso na mesma direção e sentidos opostos (<https://phet.colorado.edu>).

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.

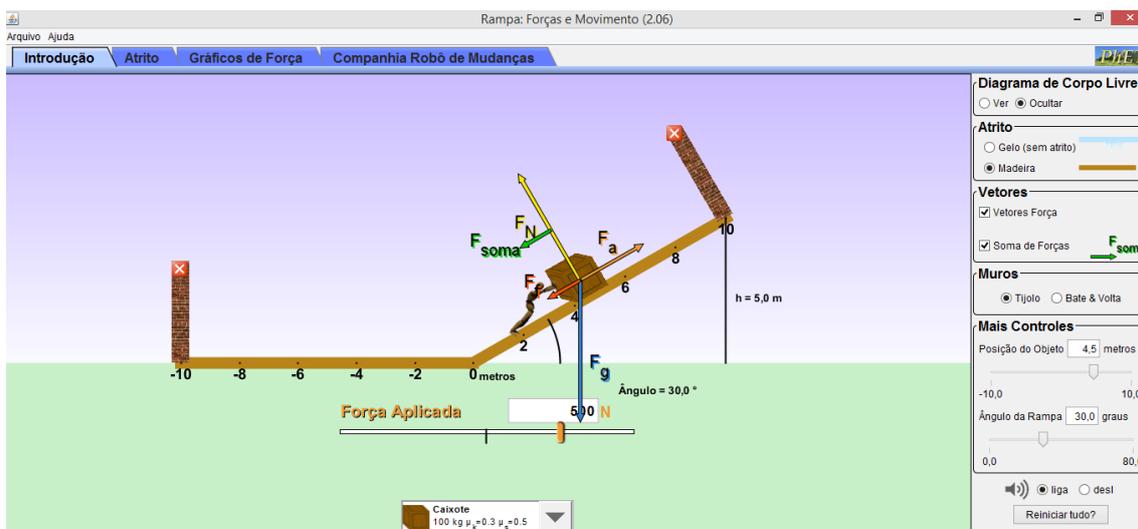


Figura 3.9: No plano inclinado somatório Negativo, decomposição de força aponta contrária ao movimento (<https://phet.colorado.edu>).

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.