

CRISTIANE MARA OLIVEIRA



MNPEF



**ENSINO DA TEMÁTICA ENERGIA COM TRÊS APLICATIVOS DA PLATAFORMA
SIMUFÍSICA NO NOVO ENSINO MÉDIO**

**JI-PARANÁ, RO
FEVEREIRO DE 2023**

CRISTIANE MARA OLIVEIRA

**ENSINO DA TEMÁTICA ENERGIA COM TRÊS APLICATIVOS DA PLATAFORMA
SIMUFÍSICA NO NOVO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) através do Polo do Campus de Ji-Paraná, da Universidade Federal de Rondônia, como parte dos quesitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física, sob orientação do Prof. Dr. Marco Polo Moreno de Souza.

**JI-PARANÁ, RO
FEVEREIRO DE 2023**

Catálogo da Publicação na Fonte
Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR

O482e Oliveira, Cristiane Mara.

Ensino da temática energia com três aplicativos da plataforma Simufísica no novo ensino médio / Cristiane Mara Oliveira da Cunha. - Ji-Paraná, 2023.

120 f.: il; color.

Orientador: Prof. Dr. Marco Polo Moreno de Souza.

Dissertação (mestrado) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus de Ji-Paraná, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2023.

1. SimuFísica. 2. Ensino de Física/Energia. 3. Simulações Computacionais. I. Souza, Marco Polo Moreno de. II. Título.

Biblioteca Setorial de Ji-Paraná

CDU 53:373.5



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - JI-PARANÁ

FOLHA DE APROVAÇÃO DE DEFESA DE MESTRADO

CRISTIANE MARA OLIVEIRA

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado de autoria de **Cristiane Mara Oliveira** submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e desenvolvida na Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Polo de Ji-Paraná, na Linha de Pesquisa Física no Ensino Médio, defendida e aprovada em 13 de fevereiro de 2023 em uma sala virtual do Google Meet pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Marco Polo Moreno de Souza
Universidade Federal de Rondônia – UNIR
Presidente da Banca/Orientador

Profa. Dra. Eliane Silva Leite
Universidade Federal de Rondônia – UNIR
Examinadora Interna

Prof. Dr. Juliano Alves de Deus
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO
Examinador Interno

Prof. Dr. Adauto José Ferreira de Souza
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Examinador Externo



Documento assinado eletronicamente por **MARCO POLO MORENO DE SOUZA, Docente**, em 14/02/2023, às 09:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Juliano Alves de Deus, Usuário Externo**, em 14/02/2023, às 11:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ELIANE SILVA LEITE, Docente**, em 14/02/2023, às 12:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adauto Jose Ferreira de Souza, Usuário Externo**, em 14/02/2023, às 18:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unir.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1251651** e o código CRC **5DE527CD**.

DEDICATÓRIA

Dedico essa árdua conquista ao meu amado pai (in memoriam) Wilson Antônio que mesmo distante sempre esteve e estará ao meu lado. À minha mãe Maria Antônia pelo apoio e cuidado para comigo.

Dedico ao Antonio que diante de toda dificuldade e momentos que me levaram a desistir foi por ele que eu levantei e decidir continuar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me acreditar a vida ainda que eu não seja merecedora.

Ao meu sábio orientador - Marco Polo Moreno de Souza - que acreditou em mim - mesmo diante das adversidades. Obrigada pelas duras palavras que me levaram a acreditar. Obrigada por não desistir de mim.

Ao meu Antonio que me trouxe força, coragem e esperança nos momentos em que mais precisei.

A todos os professores da Universidade Federal de Rondônia - UNIR/Polo Ji-Paraná, que me proporcionaram aprender a aprender continuamente.

Ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (PMNPEF) pela oportunidade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

EPÍGRAFE

Quanto mais conheço o ser que se diz "humano ", mais tenho a certeza de que quero viver junto aos animais...Inversão de valores?...Não...E sim, inversão de alma, de paz, de incondicionalidade.

RESUMO

No processo de ensino de física, nos deparamos com inúmeras pesquisas que buscam maneiras diversificadas de ensino-aprendizagem através de metodologias diferenciadas e eficazes. Várias publicações voltadas ao ensino de física apresentam mudanças na forma de apresentar os conteúdos de física de maneira tal que o processo de ensino proporcione ao aluno uma participação ativa e construtiva. Em busca de mudanças, o professor precisa explorar meios inovadores que envolvam o uso da tecnologia e que permitam ao aluno uma conexão com a ciência estudada. Uma proposta muito promissora é o uso dos meios computacionais e seus recursos, já que vem sendo aplicada por muitas instituições de ensino, com resultados além dos esperados. Frente a esses resultados, os professores se despertaram para explorar o uso desses recursos de maneira significativa, aliando-os às teorias de aprendizagens no processo de ensino. No ensino de Física, por exemplo, onde são estudados conceitos, equações e cálculos, houve a necessidade de trabalhar com plataformas que relacionam conceitos e problemas estudados através de simulações computacionais. O objetivo desta dissertação está voltado para o estudo da ciência Física, a dizer, a temática energia, através de simulações computacionais disponíveis na plataforma SimuFísica. O estudo dessa temática abrange os três anos do novo ensino médio. Com isso, preparamos um eBook, um livro digital voltado para o ensino de Física, composto por roteiros de aulas que envolvem três simulações disponíveis na plataforma SimuFísica. O eBook foi criado com a justificativa de oferecer propostas inovadoras no processo de ensino de Física através do uso de simulações computacionais disponíveis na plataforma SimuFísica, já que o SimuFísica permite ao educador trabalhar a compreensão e a construção de aprendizagem da ciência Física através de simulações computacionais em um ambiente interativo e significativo, além de proporcionar interação e comunicação entre os alunos. Por fim, esse trabalho de dissertação promove algo mais dinâmico, participativo e inclusivo entre o aluno e o momento de estudo com a Física.

Palavras-chave: SimuFísica. Ensino de Física. Simulações computacionais. Energia. Aplicativos.

ABSTRACT

In the process of teaching physics, we are faced with numerous studies that seek diversified ways of teaching and learning through differentiated and effective methodologies. Several publications focused on physics teaching present changes in the way of presenting physics contents in such a way that the teaching process provides the student with an active and constructive participation. In search of changes, the teacher needs to explore innovative means that involve the use of technology and that allow the student a connection with the studied science. A very promising proposal is the use of computational means and their resources, since it has been applied by many teaching institutions, with results beyond expectations. Faced with these results, teachers woke up to explore the use of these resources in a meaningful way, combining them with learning theories in the teaching process. In Physics teaching, for example, where concepts, equations and calculations are studied, there was a need to work with platforms that relate concepts and problems studied through computational simulations. The objective of this dissertation is focused on the study of Physical Science, namely, the theme of energy, through computational simulations available on the SimuFísica platform. The study of this theme covers the three years of the new high school. With that in mind, we have prepared an eBook, a digital book aimed at teaching Physics, consisting of class scripts involving three simulations available on the SimuFísica platform. The eBook was created with the justification of offering innovative proposals in the Physics teaching process through the use of computational simulations available on the SimuFísica platform, since SimuFísica allows the educator to work on the understanding and construction of learning of Physics science through computational simulations in an interactive and meaningful environment, in addition to providing interaction and communication between students. Finally, this dissertation work promotes something more dynamic, participatory and inclusive between the student and the moment of study with Physics.

Keywords: SimuFísica. Physics teaching. Computer simulations. Energy. Apps.

SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel	4
2.1	Aprendizagem Cognitiva	5
2.2	Aprendizagem significativa	5
2.2.1	Tipos de Aprendizagem Significativa	7
2.2.2	Condições para ocorrência da Aprendizagem Significativa	7
2.2.3	Aplicação da Teoria de Aprendizagem Significativa no Ensino de Física	8
3	Os simuladores como recurso de apoio para o ensino de Física	10
3.1	Simulações no processo de ensino e seus resultados	12
4	O Produto Educacional e a física envolvida	17
4.1	O SimuFísica®	18
4.1.1	Visão geral	19
4.1.2	Como obter	19
4.1.3	Seu funcionamento	20
4.1.4	Tecnologias utilizadas	22
4.2	Aplicativo Conservação de energia mecânica	23
4.2.1	Apresentação	23
4.2.2	A Física por trás do <i>app</i>	24
4.3	Aplicativo Gás ideal	27
4.3.1	Apresentação	27
4.3.2	A Física por trás do <i>app</i>	28
4.4	Aplicativo Consumo de energia elétrica	32
4.4.1	Apresentação	32
4.4.2	A Física por trás do <i>app</i>	34
5	Aplicação do SimuFísica® e do produto educacional	37
5.1	Breve histórico da escola	37
5.1.1	Sobre o Projeto Político Pedagógico	38
5.1.2	Aspectos físicos	40
5.1.3	Aspectos socioeconômico, cultural e geográfico	41
5.1.4	Pontos fracos da escola	41
5.1.5	Pontos fortes da escola	42
5.2	Roteiro de Procedimentos na Aplicação do SimuFísica	43
5.3	Resultados e Discussões	46
6	Conclusão	51
	Anexo A – Produto Educacional	55
	Anexo B – Questionário sobre o SimuFísica	103
	Anexo C – Certificado de Registro de Programa de Computador	110

1 INTRODUÇÃO

Em seu ápice, a tecnologia, através dos seus inúmeros recursos disponíveis, tem sido utilizada como um instrumento promissor no processo de ensino-aprendizagem. Quando o assunto é ensino, é imprescindível, tanto em debates ou mesmo em inúmeras publicações, a discussão sobre “a relevância do uso dos recursos tecnológicos no processo de ensino”. Até algumas décadas atrás, esses recursos eram poucos utilizados – até mesmo por receio da maioria que não dominava o seu uso. Aos poucos, eles foram sendo introduzidos e aplicados como meio de proposta diferenciada no processo de ensino aprendizagem, além de proporcionar interatividade no estudo.

Conforme Campos e Rocha¹, a aceleração da tecnologia no campo da informação e comunicação pressiona a escola por mudanças nas relações envolvendo ensino/aprendizagem.

Nesse viés, é imprescindível comentarmos sobre a necessidade “imposta” do uso dos meios computacionais pelos educadores no início do ano de 2020. Devido a situação atípica provocada pelo Coronavírus naquele ano, o único meio de saída “emergencial” para continuidade no processo de ensino-aprendizagem foi o uso dos recursos digitais. Com isso, os educadores tiveram que se reinventar e buscar meios dinâmicos e atrativos que tornassem as aulas produtivas.

Em uma aceleração desgovernada, a tecnologia tomou conta das salas de aulas virtuais através das aulas remotas. Nunca se viu tanto a necessidade do uso dos meios computacionais e seus recursos como instrumento principal no processo de ensino. O professor precisou buscar meios inovadores que envolviam o uso da tecnologia e que permitiam ao aluno uma conexão com a ciência estudada. Dessa maneira, torna-se necessário adequar o ambiente de ensino tradicional – que foca na aprendizagem mecânica – ao uso da tecnologia computacional, que está presente em todos os níveis da sociedade, trazendo novas informações a cada segundo.

Assim sendo, o uso dos recursos computacionais em um ambiente de trabalho – onde se desenvolvam aprendizagens colaborativas – ou seja, que permita ao aluno, de forma organizada, construir o seu conhecimento, auxilia no desenvolvimento cognitivo do aluno². No ensino de física, por exemplo, onde são estudados conceitos, equações e cálculos, houve a necessidade de trabalhar com plataformas que relacionam o conceito estudado através de simulações computacionais.

Com isso, podemos dizer que, no processo de aprendizagem, os instrumentos digitais como o computador, o tablet, o smartphone, entre outros, podem e devem ser utilizados como fortes aliados na busca do conhecimento. Despertar no aluno o interesse nesta era da tecnologia é envolvê-lo com o mundo digital de tal forma que o acesso ao conhecimento se dê a qualquer hora do dia e em qualquer lugar, seja no ambiente escolar, no trânsito, em casa ou até mesmo em uma viagem.

No ensino de física, o uso de simuladores em representações múltiplas, como vetores,

¹F. C. A. Campos, A. R. C e Rocha e G. H. B. Campos (1998). “Design Instrucional e Construtivismo: Em Busca de Modelos para o Desenvolvimento de Software”. Em: *IV Congresso RIBIE – Brasília*.

²S. Petitto (2003). *Projetos de Trabalho em Informática: Desenvolvendo Competências*. Papyrus.

gráficos e tabelas, tem uma influência considerável no aprendizado³, tornando-se um exemplo real que, com sua implementação, permite-nos observar resultados significativos.

No que tange às simulações computacionais voltadas para o ensino de física, apresentamos nesta dissertação a plataforma SimuFísica, sendo essa um conjunto de aplicativos de simulações computacionais que abordam diversos temas da Física, tanto de nível de ensino médio como de ensino superior. Desenvolvida em meados de 2020, o SimuFísica é uma das poucas tecnologias brasileiras e abertas ao público voltada aos aplicativos de simulação computacional no contexto do ensino de física.

Através da interação e comunicação entre os alunos, o SimuFísica tem por finalidade ensinar física através do uso de simuladores em um ambiente virtual, atribuindo aplicação prática dos conceitos estudados. Ela está ancorada na teoria de aprendizagem de David Ausubel, onde se valoriza e trabalha com o conhecimento prévio do aluno para que se alcance uma aprendizagem significativa. Sendo assim, considerando o conhecimento prévio do aluno, o professor de fato estará trabalhando a estrutura cognitiva em todas as organizações de conhecimento e ideias desse aluno.

O SimuFísica permite ao educador trabalhar a construção de aprendizagem da ciência física através de simulações computacionais em um ambiente interativo e significativo. Com isso, desenvolvemos um eBook, produto desta dissertação de mestrado, voltado para o ensino de física, composto por um roteiro de aulas que trabalha com três simulações disponíveis na plataforma SimuFísica. Essas simulações são direcionadas à temática de energia e foram trabalhadas na aplicação do produto educacional nos três anos do ensino médio.

Nesse aspecto, podemos dizer que apresentamos uma proposta diferenciada que proporciona uma aprendizagem significativa, onde o aluno é capaz de construir novos conhecimentos.

Esta dissertação tem como objetivo o estudo da ciência Física, a dizer, a temática energia abrangendo os três anos do novo ensino médio. O estudo foi realizado com a utilização das simulações computacionais disponíveis na plataforma SimuFísica.

No capítulo 2 desta dissertação, revisamos conceitos importantes em que se fundamentam a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel. Discorreremos acerca de alguns conceitos de aprendizagem, tipos de aprendizagem significativa e condições para ocorrência dessa aprendizagem. Para finalizar esse capítulo, apresentamos dois trabalhos que aplicaram a teoria significativa no ensino de física.

No capítulo 3, discorreremos sobre o uso de simuladores no ensino de física. Nesse contexto, de uma maneira sucinta, será comentado como o ensino de física é visto pelos educadores e educandos e como esse ensino é ministrado nos dias atuais. Em sequência, será enfatizado o avanço da tecnologia e a importância dos meios tecnológicos no processo de ensino-aprendizagem. Daremos um enfoque a situação atípica causada no início do ano de 2020, que trouxe uma nova realidade à gestão educacional. Argumentamos sobre a importância das simulações em sala de aula, onde apresentamos os dois tipos de simulações para finalizar esse

³T. de Jong et al. (1999). “The integration of computer simulation and learning support: An example from the physics domain of collisions”. Em: *Journal of Research in Science Teaching* 36, pp. 597–615.

capítulo. O assunto tratado na subseção do capítulo 3 é de certa forma uma sequência da seção anterior, porém voltado para os resultados do uso de simuladores no ensino de física. Além de reforçarmos a relevância do uso desses simuladores, apresentamos dois resultados de dissertações que trabalharam temas voltados à aplicação de simulações no ensino de física. Esse capítulo permite ao leitor conhecer alguns sites criados e desenvolvidos para o uso de simulações computacionais.

O produto educacional é apresentado no capítulo 4. Esse capítulo, além de apresentar roteiros e aplicações voltados para temática energia, demonstra tudo que se propõe conhecer da plataforma SimuFísica. É possível conhecer o seu funcionamento, sobre as tecnologias utilizadas e as formas de acesso. Na sequência, apresentamos um manual de roteiro de aplicação do produto educacional, demonstrando cada simulação utilizada e toda a física envolvida nesse processo.

Enfim, no capítulo 5, apresentamos toda a sequência, passo a passo, da aplicação do produto educacional em sala de aula, desde um breve histórico sobre a instituição de ensino onde ocorreu a aplicação até seus resultados e discussões.

Encerramos com uma breve conclusão sobre a relevância do tema trabalhado e os resultados apresentados nesta dissertação.

2 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

Como já comentado no capítulo anterior, um dos temas mais discutidos nas publicações de revistas científicas está voltado às metodologias diversificadas e estratégias inovadoras no processo de ensino de física. Nessas publicações, é muito comum depararmos com a seguinte frase ou com alguma variação dela: “o aluno no processo de ensino de física é visto como um observador, memorizando fórmulas e exercícios já usualmente trabalhados”. Isso é mencionado porque o aluno está habituado com uma aprendizagem mecânica, que ocorre pelo armazenamento temporário de informações de forma arbitrária que é, segundo Paulo Freire, uma aprendizagem bancária. Para ele, “o professor vê o aluno como um banco, no qual deposita o conhecimento”.

Porém, os resultados dessas publicações apresentam mudanças significativas nesse cenário “ultrapassado” no qual está inserido o ensino de física. Esses resultados estão diretamente baseados ao uso dos meios computacionais e seus recursos, aliando-os a uma teoria de aprendizagem no processo de ensino. Esses resultados nos permitem reafirmar que os meios computacionais são instrumentos indispensáveis nesse processo, sendo que, para um resultado eficaz, esses meios serão melhor utilizados quando aliados a uma teoria de aprendizagem.

Contextualizando, as teorias de aprendizagem foram inseridas no processo de ensino de maneira a orientar os docentes através de suas aplicabilidades, uma vez que possibilita e leva a uma aprendizagem com eficácia.

Portanto, considerada uma experiência humana ao estruturar uma determinada área de conhecimento, a teoria de aprendizagem se dá a partir de uma construção humana que visa explicar a aprendizagem e como esta funciona.

Enfim, com as demandas do sistema educacional e em busca de auxiliar os alunos no ensino de Física, é indispensável que eles usufruam da aplicação dessa teoria por parte dos docentes para que eles possam organizar-se e desenvolverem o seu próprio conhecimento.

Nesse capítulo, iremos apresentar o conceito da Teoria de Aprendizagem proposta por David Ausubel, discorrendo sobre os principais contextos que integram a teoria estudada e utilizada como suporte na aplicação do SimuFísica, uma plataforma de simulação computacional que é a base do produto educacional apresentado no Cap. 4.

Com foco na aprendizagem do dia a dia em sala de aula, a teoria de aprendizagem de David Paul Ausubel nos traz uma nova perspectiva ao falamos em significância no processo de ensino.

Quando falamos em aprendizagem significativa, enfatizamos uma aprendizagem voltada para os seres humanos. Relacionamos esse termo – aprendizagem significativa – a David Ausubel. O nome dessa teoria é ligado ao conceito de organizador prévio, já que Ausubel propõe que sejam considerados e valorizados os conhecimentos prévios dos alunos¹.

Nesse contexto, para que a aprendizagem de fato ocorra, o professor deve identificar e ensinar o aluno de acordo com seus conhecimentos prévios. Ausubel consagra em sua teoria

¹M. A. Moreira (2010). *Aprendizagem Significativa e Crítica*. Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre.

aquilo que o aluno já sabe.

Portanto, considerando o conhecimento prévio do aluno, o professor de fato estará trabalhando a estrutura cognitiva em todas as organizações de conhecimento e ideias desse aluno.

2.1 APRENDIZAGEM COGNITIVA

Em termos bem simples, podemos conceituar cognição como o processo de adquirir um conhecimento e por consequência a capacidade de discernir e de assimilar esse conhecimento. Também considerado um cognitivista e baseando nesse ponto de vista, Ausubel apresenta uma explicação do processo de aprendizagem. Para ele, a aprendizagem está relacionada ao processo de armazenamento de informação. Essas informações adquiridas são incorporadas à estrutura cognitiva do indivíduo para ser utilizada no futuro.

Nesse contexto, vale ressaltar que a habilidade de organizar essas informações é a que deve ser desenvolvida².

Entendemos que, quando um indivíduo combina informações e atribui um significado dinâmico a partir da sua estrutura cognitiva, esses são pontos de partida para que novos significados sejam criados. Sendo assim, a habilidade de organizar essas informações é o conceito de aprendizagem do ponto de vista cognitivo. Com isso, a partir do momento em que conceitos relevantes e atrativos estejam conscientemente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo, esses servirão como ponto de ancoragem para novos conceitos, proporcionando a ligação com novas ideias.

Todo esse processo de armazenamento de informações no cérebro humano, para Ausubel, é organizado de forma hierárquica, pelo qual elementos mais precisos do conhecimento são unidos e assimilados a elementos mais gerais e inclusivos³.

É muito importante enfatizar que a experiência cognitiva não se restringe somente à influência direta dos conhecimentos prévios na consolidação de novas informações, mas também às modificações da estrutura cognitiva causada pela chegada de novas informações.

2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aprendizagem significativa é o mecanismo humano pelo qual uma nova informação se ancora com conceitos disponíveis na estrutura cognitiva, que são “subsunçores”, conforme definido por Ausubel. Ou seja, eles são o que o indivíduo “já sabe”. As informações adquiridas

²M. A. Moreira e E. A. S. Mansini (2006). *Aprendizagem Significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel*. Editora Centauro, São Paulo.

³M. A. Moreira (2010). *Aprendizagem Significativa e Crítica*. Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre.

e armazenadas são representações de experiências sensoriais do indivíduo em qualquer campo de conhecimento.

Sendo o defensor da aprendizagem significativa, Ausubel a destaca como “o processo mais importante na aprendizagem escolar”.

Podemos citar um exemplo na Física. Se os conceitos de gás e de pressão já existem na estrutura cognitiva do aluno, esses servirão de subsunçores para que novas informações sobre gases ideais, como por exemplo temperatura, volume ou densidade, sejam assimilados pelos alunos. Vale ressaltar que essa abordagem foi utilizada na aplicação do SimuFísica em sala de aula.

Segundo Ausubel, a primeira etapa da aprendizagem significativa se baseia na organização da estrutura conceitual da matéria de ensino, respeitando uma ordem sequencial⁴. Já a segunda se baseia em identificar quais subsunçores são relevantes para a aprendizagem do conteúdo que será ensinado, dos quais os alunos deverão ter na sua estrutura cognitiva, para que estes possam aprender de maneira eficaz. A terceira está baseada em determinar os subsunçores que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, ou seja, o conhecimento prévio que possibilita a assimilação ao conteúdo a ser ensinado. A quarta e última etapa se baseia em trabalhar com meios que favorecem o ensino através da assimilação e organização entre os conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno e a nova informação de maneira significativa.

Para um melhor entendimento, discorreremos dois conceitos importantes relacionados à aprendizagem:

1º Estrutura cognitiva se define como o conteúdo total e a organização das ideias de um dado indivíduo, em uma área particular de conhecimento.

2º Aprendizagem se define como a soma na estrutura cognitiva do indivíduo através do meio da interação de novas ideias. Chamamos atenção para essa interação, que pode ser de maneira significativa quando o indivíduo já tem os conhecimentos prévios sobre determinado tema, ou mecânica quando o indivíduo não possui conhecimentos prévios. Podemos afirmar que, à medida que o processo de aprendizagem vai se tornando mais significativo – sendo através de uma pergunta, uma situação problema ou uma simulação –, os subsunçores vão se tornando cada vez mais organizados e assim mais aptos a ancorar novas informações⁵.

Assim, o objetivo da teoria significativa é que todas as ideias e conteúdos apresentados pelo professor sejam transmitidos de maneira significativa, uma vez que esse tipo de aprendizado conduz o aluno à construção do conhecimento.

⁴D. P. Ausubel (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos*. Edições técnicas, Lisboa.

⁵M. A. Moreira (2010). *Aprendizagem Significativa e Crítica*. Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre.

2.2.1 Tipos de Aprendizagem Significativa

A teoria de aprendizagem significativa é classificada em três tipos. Ausubel apresentou os conceitos destacados abaixo para cada classificação.

A primeira classificação de aprendizagem significativa é a aprendizagem representacional, que se relaciona a maneira mais simples de aprendizagem significativa, referindo-se ao significado de palavras e símbolos unitários. Na aprendizagem representacional, o indivíduo relaciona o objeto ao símbolo que o representa. Já a segunda classificação é a aprendizagem de conceitos ou aprendizagem conceitual, sendo que os conceitos e os símbolos representam regularidades em eventos ou objetos. A aprendizagem representacional relaciona-se à aprendizagem inicial para a aprendizagem de conceitos. A terceira classificação é a aprendizagem proposicional, sendo que nessa aprendizagem o foco não é aprender símbolos ou conceitos de maneira isolada, mas sim aprender a ideia por trás da formação de uma proposição. Ou seja, relaciona-se aos significados expressos por grupos de palavras combinadas em proposição ou sentenças. O objetivo é aprender significativamente as ideias expressas verbalmente por trás desses conceitos apresentados, que estão além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição.

2.2.2 Condições para ocorrência da Aprendizagem Significativa

Uma vez expondo e defendendo as ideias propostas na teoria de aprendizagem significativa, faz-se necessário um breve comentário sobre as duas condições para a ocorrência da aprendizagem.

A primeira condição está diretamente ligada ao aluno. A disposição em aprender deve ser o primeiro requisito demonstrado pelo aluno; caso contrário, ocorrerá uma aprendizagem mecânica, onde o aluno somente memoriza os conceitos, deixando de ser uma aprendizagem de fato. Conforme Moreira, "É preciso que o aprendiz manifeste uma predisposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, a sua estrutura cognitiva"⁶.

Já a segunda condição está ligada ao professor, que depende da percepção e da criatividade na criação dos conteúdos. É necessário que os conceitos que serão ensinados devem ter significância e lógica para o aluno.

Sendo assim, podemos afirmar que uma filtragem dos conteúdos significativos ou não é realizada pelo aluno⁷.

⁶M. A. Moreira (2010). *Aprendizagem Significativa e Crítica*. Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre.

⁷D. P. Ausubel (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. Editora Moraes, São Paulo.

2.2.3 Aplicação da Teoria de Aprendizagem Significativa no Ensino de Física

A aprendizagem significativa tem ocupado um papel de grande relevância como aliada aos novos métodos no processo de ensino aprendizagem pelas instituições de ensino.

A seguir, citamos algumas publicações que utilizaram a teoria de aprendizagem significativa aliada aos meios computacionais no processo de ensino de física.

O primeiro é um artigo publicado no Caderno de Ensino de Física de Florianópolis/SC no mês de outubro do ano de 2012⁸. Os autores são Stenio Octavio de Oliveira Cardoso, do Instituto Regina Pacis, e Adriana Gomes Dickman, da PUC Minas. O tema é "Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico".

Neste artigo, os autores relatam o processo de elaboração e aplicação de uma sequência de atividades que se apoia no uso de simulações computacionais para o ensino do efeito fotoelétrico, explorando os conhecimentos prévios dos alunos e, de maneira gradual, introduzindo novos conceitos.

A sequência didática utilizada pelo autores foi composta por: pré-teste; organizadores prévios; aplicação da simulação com roteiro de estudo; organizador explicativo; e teste final. Essas etapas são o resultado da interpretação da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel para aquisição de conhecimento, priorizando a organização da estrutura de conceitos.

Segundo os autores, o uso de simulações computacionais pode levar a ganhos cognitivos ao educando, desde que sejam utilizadas consistentemente com uma teoria de aprendizagem. Nas atividades, os autores trabalharam a simulação do efeito fotoelétrico desenvolvida pelo projeto PhET da Universidade do Colorado. A sequência de atividades foi aplicada a uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma instituição de ensino particular.

A partir das respostas da avaliação final, os autores afirmaram que, de uma maneira geral, houve um entendimento dos alunos em relação aos conceitos relacionados ao fenômeno em questão, sendo identificado principalmente um ganho no grau de inclusividade deles. Dessa maneira, apoiados em um índice de acerto acima de 67% para a maioria das questões, os autores consideraram a sequência elaborada como um material potencialmente significativo para o ensino do efeito fotoelétrico.

O segundo trabalho é uma dissertação apresentada na Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR – do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Exatas. A dissertação foi apresentada no mês de setembro de 2014⁹.

O autor Jackson Roberto Rubim Junior apresentou o tema "Microcontrolador Arduino no ensino de Física: Proposta e aplicação de uma situação de aprendizagem sobre o tema Luz

⁸S. O. O. Cardoso e A. G. Dickman (2012). "Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico". Em: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 29, pp. 891–934.

⁹Jackson R. R. Junior (2014). "Microcontrolador Arduino no ensino de Física: Proposta e aplicação de uma situação de aprendizagem sobre o tema Luz e Cor". Diss. de mest. UFSCar, São Carlos.

e Cor". Este trabalho propôs a inserção do microcontrolador Arduino nas aulas de Física do Ensino Médio em uma escola pública. A proposta baseou-se na aprendizagem significativa com a utilização de um experimento interativo e de fácil manipulação.

Com a intenção de provocar curiosidade nos estudantes e despertar o caráter investigativo necessário ao estudo da Física, ao mesmo tempo em que eles lidam com elementos tecnológicos que fazem parte de sua cultura contemporânea, o autor introduziu o microcontrolador Arduino nas suas aulas.

Segundo o autor, a atividade desenvolvida possibilita a investigação e permite ao estudante uma participação mais significativa no seu processo de aprendizagem.

Conforme relatado no trabalho, durante a atividade, grupos de estudantes testaram algumas possibilidades de misturas da luz e a relação da luz incidente com a cor da luz refletida pelos objetos. Para registro e verificação da aprendizagem, foram realizados um pré-teste, um pós-teste, uma avaliação somativa, registros do professor e, ao final, uma autoavaliação. O autor concluiu que a atividade foi exitosa e despertou a curiosidade dos estudantes, possibilitando crescimento conceitual e apresentando indícios de uma aprendizagem significativa.

3 OS SIMULADORES COMO RECURSO DE APOIO PARA O ENSINO DE FÍSICA

Com rápida evolução e em acelerado desenvolvimento, as tecnologias da informação e comunicação têm alcançado todas as classes sociais, todas as faixas etárias e todos os campos da atividade humana. As simulações, que são possibilitadas mediante a tecnologia da informação digital, têm permitido ao estudante uma visão mais prática e menos mecânica da ciência.

O uso do computador pode contribuir sobremaneira na educação devido à capacidade de interação, socialização e atração, o que permite apresentar ao estudante aspectos de conteúdos difíceis de serem visualizados, somado a curiosidade e ao envolvimento.

É notório a preocupação com o uso das tecnologias voltadas ao ensino nos trâmites regulatórios da educação nacional. No Brasil, pode-se dizer que, a partir dos meados de 1990, foram criadas políticas públicas direcionadas ao uso das tecnologias digitais nas escolas de educação básica.

A tecnologia se tornou algo a ser desmistificada pela maioria dos professores, fazendo-se necessária uma revolução na capacitação docente. Adequar a tecnologia em seus conteúdos é também uma tarefa árdua. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN - Lei Nº 9.394/96) recomenda para o ensino médio que sejam explorados os conhecimentos “científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”¹.

É sabido que a tecnologia, para muitos professores, é considerada desafiadora, porém o seu uso adequado tende a implicar em resultados promissores. Em meio a essa realidade na inserção do uso de tecnologias computacionais no processo de ensino-aprendizagem, docentes buscam dinamizar o ensino de física, visto que a dificuldade demonstrada pelos alunos na aprendizagem dos conteúdos dessa disciplina se faz presente no dia a dia e em sala de aula.

No contexto atual, a obrigatoriedade do uso de meios digitais tornou-se essencial para o uso nas tarefas escolares, uma vez que a tecnologia estimula o desenvolvimento das habilidades do aluno, deixando explícito que a inserção dos recursos digitais em sala de aula proporciona um ensino diferenciado, possibilitando a construção de novos conhecimentos.

Proporcionando uma aprendizagem significativa, a área de exatas é uma das áreas que mais se beneficia com o uso dessas novas tecnologias, além de permitir ao aluno a participação ativa que, o leva a desenvolver habilidades e competências para construção do conhecimento científico.

No ensino de física, o uso dessas novas tecnologias permite trabalhar conteúdos mais complexos, uma vez que as simulações computacionais admitem explicações, em que algumas situações seriam difíceis demonstrá-las². Com isso, afirmamos que a Física, inserida na área das ciências e suas tecnologias, se apresenta entre as ciências que requerem conhecimentos conceituais de fenômenos naturais e embasamentos teórico e matemático.

Nesse contexto, podemos fazer um viés com o ponto de vista do autor Schneider, onde

¹Brasil (s.d.). *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – No. 9394/1996*.

²J. R. Silva, J. S. Germano e R. S. Mariano (2011). “SimQuest – computational modeling tool for teaching physics”. Em: *Revista Brasileira de Ensino de Física* 33, p. 1508.

ele afirma que o aprendizado em física não se resume em manipulação de fórmulas, devendo ir muito além disso. Para que a qualidade da aprendizagem dos conceitos e a atratividade nas aplicações e quantificação da matemática (álgebra) sejam verificados, é preciso que o ensino seja vivido no cotidiano³.

Jamais deixaríamos de abrir um parágrafo para incluir o marco que acelerou potencialmente o uso das tecnologias digitais, levando o educador a inseri-las no seu cotidiano como saída emergencial na continuidade do processo de ensino. Com isso, os olhares para a inserção e o uso dos meios tecnológicos nunca foram tão intensos como nos últimos anos. Esse marco foi a situação atípica causada pelo Coronavírus, que obrigou aos gestores educacionais o uso dos meios digitais como única saída na continuidade do ensino. Dessa maneira, as aulas remotas alcançaram outros níveis de ensino, possibilitando a interação aluno-professor em sala de aula online com a presença dos computadores e smartphones. Vale destacar que essa situação atípica conduziu o sistema educacional a adentrar em uma modalidade de ensino sem recursos e com muitos professores sem formação pedagógica específica para utilização de recursos digitais.

Porém, na área educacional, há um bom tempo, o uso dos meios computacionais tem sido apontado como essencial no processo de ensino-aprendizado. Entretanto, os meios computacionais e seus recursos, em seu histórico de existência, nunca foram utilizados com tanto vigor para fins educacionais como atualmente.

Como já evidenciado no decorrer do texto, os simuladores têm sido um dos recursos mais utilizados como aplicação dos meios computacionais, a dizer, no ensino de física. As simulações têm alcançando um papel de muita importância, pois além de ser um método ativo, que permite ao aluno a reprodução de experiências e compreensão de fenômenos físicos, as simulações proporcionam um ambiente totalmente interativo. Além disso, o aluno pode alterar os parâmetros, as variáveis e outros elementos da simulação para acessar situações muitas vezes até mesmo não esperadas, o que pode contribuir para o pensamento crítico dos estudantes.

Vale ressaltar que, baseado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, as simulações foram utilizadas, conforme está descrito no Cap. 5, antes mesmo de introduzir determinados conceitos referentes a um certo assunto da aula durante a aplicação do produto educacional. Isso foi feito com a finalidade de obter um diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema estudado em sala de aula. Porém, as simulações também podem ser utilizadas ao finalizar um tema, para identificar possíveis falhas na aprendizagem, buscando assim resolvê-las.

Diante disso, cabe ao educador escolher não somente o momento adequado, mas também qual o tipo de simulação será trabalhado em sala de aula. Nesse aspecto, cabe destacar que existem dois tipos de simulações. A primeira simulação é a não interativa ou estática, em que o aluno não participa diretamente no manuseio das variáveis. Nessa simulação, o usuário não pode alterar nenhum parâmetro da simulação. A segunda é a simulação interativa, que permite a manipulação dos parâmetros e das condições iniciais, tanto pelo aluno, quanto pelo professor⁴.

³Wanderson Pereira Schneider (2017). “Uma Sequência Didática Para Cinemática Escalar, Usando Experimento E Simulação Computacional”. Diss. de mestr. Instituto Federal do Espírito Santo - MNPEF.

⁴Valmir Heckler, Maria de Fátima Oliveira Saraiva e Kepler de Souza Oliveira Filho (2007). “Uso de simu-

É importante observar que em algumas simulações o grau de interação é muito pequeno, mas a capacidade de simular qualitativamente o fenômeno é muito grande.

3.1 SIMULAÇÕES NO PROCESSO DE ENSINO E SEUS RESULTADOS

No processo de ensino, a utilização das simulações computacionais proporciona um ambiente interativo tanto entre os estudantes quanto entre o aluno e o objeto de estudo. Além disso, esse método permite ao aluno uma participação ativa, o que lhe proporciona avançar no processo de aprendizagem de acordo com suas capacidades e desenvolver habilidades e competências que são exigidas para um bom entendimento da ciência. Resultados obtidos através de vários artigos científicos comprovam que a proposta defendida nesse trabalho tem se tornado um recurso essencial no processo de ensino, proporcionando resultados satisfatórios e evidenciando um importante campo promissor na área de educação.

Nesse viés podemos citar uma dissertação do Programa de Pós Graduação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul no curso de Mestrado Nacional e Profissional de Ensino de Física, defendida por Admilson Nelson dos Santos. Essa dissertação que tem como título: Aplicação de Simulações Computacionais no Ensino de Física apresenta resultados significativos⁵. O autor trabalhou o conteúdo de eletrização dos materiais e após apresentou um resultado gráfico demonstrando o antes e o depois do uso das simulações em sala de aula com respeito à consolidação de conceitos físicos. Conforme a sequência da aplicação do simulador, foi aplicado um teste de conhecimento aos alunos que participaram do experimento. O teste foi aplicado para os alunos do 3º ano A do ensino médio matutino com faixa etária entre 16 e 18 anos. Através do gráfico, foi observado que 37% das respostas obtidas antes do uso das simulações foram insuficientes e 6% muito bom; em contrapartida, 35% das respostas após o uso das simulações foram excelentes e 16% insuficientes. Segundo o autor, os alunos passaram a demonstrar uma motivação aguçada e interesse em buscar na simulação respostas de um raciocínio não formalizado nas aulas tradicionais. Com isso, o envolvimento com a simulação computacional foi de tamanha proporção que, na busca em desvendar o fenômeno físico, os alunos transformaram a aula em um laboratório cujo assunto que imperou entre eles foi justamente o fenômeno físico estudado. Posteriormente, houve a cobrança dos alunos para uma nova aula com o uso de simulações computacionais.

Um outro resultado apresentado foi de uma dissertação do Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, defendida por Robson Cesar Costa Vilar com o título: Uma Estratégia de En-

ladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica”. Em: *Rev. Bras. Ensino Fís.* 29, pp. 267–273.

⁵A. N. dos Santos (2004). “Aplicação de simulações computacionais no ensino de física”. Diss. de mestr. Universidade Federal de Mato Grosso - MNPEF.

sino Diferenciada para o Estudo de Tópicos de Física Moderna⁶. O autor trabalhou o conteúdo dualidade onda-partícula. A satisfação com o resultado obtido ficou demonstrada na percepção do autor: “o simulador ajudou o aluno na compreensão, entendimento e detalhamento dos fenômenos, contribuindo para visualizar conceitos mais abstratos, além de despertar a participação, facilitando, assim, que os alunos relacionassem os fenômenos com os conceitos simulados”. Vale ressaltar que o simulador utilizado nas dissertações citadas acima foi o PhET.

Enfim, poderíamos elencar inúmeros outros trabalhos que abordaram a proposta desse estudo apresentando consideráveis resultados. Diante disso, reforçamos o uso das simulações computacionais na educação parafraseando Coelho ao afirmar que, na simulação interativa, os participantes podem explorar a situação física estudada alterando vários parâmetros da simulação, o que os permitem verificar as implicações das alterações feitas no comportamento do fenômeno estudado⁷.

As simulações computacionais são vistas como recursos promissores para os educadores que buscam inovação em sala de aula. A plataforma mais antiga disponível livremente ao público provavelmente é o PhET (*PhET Interactive Simulations*, anteriormente *Physics Education Technology*).

A plataforma PhET pertence à Universidade de Colorado, tendo sido fundada no ano de 2002 por Carl Wieman após ganhar o prêmio Nobel de Física em 2001 pela obtenção do primeiro condensado de Bose-Einstein em laboratório, onde, no processo, átomos de rubídio foram resfriados a uma temperatura de 62 nK⁸.

A plataforma PhET possui uma área para os professores, onde eles podem se registrar e compartilhar dicas e informações de como utilizar as simulações da plataforma em sala de aula. Até o momento são cento e vinte e cinco simulações interativas diferentes; a plataforma está disponível para sessenta e cinco idiomas, incluindo espanhol, chinês, alemão e árabe. A plataforma também realiza um processo de adaptação das simulações que são disponibilizadas para que pessoas com necessidades especiais também tenham acesso. Na aba de ensino, os professores conseguem se registrar para ver as atividades disponibilizadas por outros professores ou até mesmo para compartilhar as próprias atividades, sendo possível enviar as simulações para a plataforma Google Classroom. Um dos dados mais atuais sobre a plataforma traz a informação de que, em outubro de 2011, a PhET Interactive Simulations foi escolhida como vencedora do Microsoft Education Tech Award 2011. O Tech Awards, apresentado pelo Tech Museum of Innovation, homenageia inovadores de todo o mundo pela tecnologia que beneficia a humanidade.

Já nos dias atuais, percebe-se um avanço quando se diz respeito aos sites de simulações computacionais voltados para o ensino de física e desenvolvidos fora do Brasil. Dentre eles,

⁶R. C. Costa (2020). “Uma estratégia de ensino diferenciada para o estudo de tópicos no ensino de física moderna”. Diss. de mestr. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista - MNPEF.

⁷Coelho.

⁸Elizabeth A. Donley et al. (2001). “Dynamics of collapsing and exploding Bose-Einstein condensates”. Em: *Nature* 412, pp. 295–299.

podemos citar: The Physics Classroom⁹ e o myPhysicsLab¹⁰, dentre vários outros.

O myPhysicsLab (ver Fig. 3.1) foi desenvolvido pelo matemático e engenheiro de software Erik Neumann de Seattle, EUA. Neumann trabalhou no ramo do desenvolvimento de software para computadores Macintosh (Mac) no início de 1985, juntando-se em seguida à MacroMind, que veio a se tornar a conhecida Macromedia, criadora do Flash, muito usada tempos atrás na criação de muitos sites com relativa facilidade, e que foi adquirida pela Adobe.

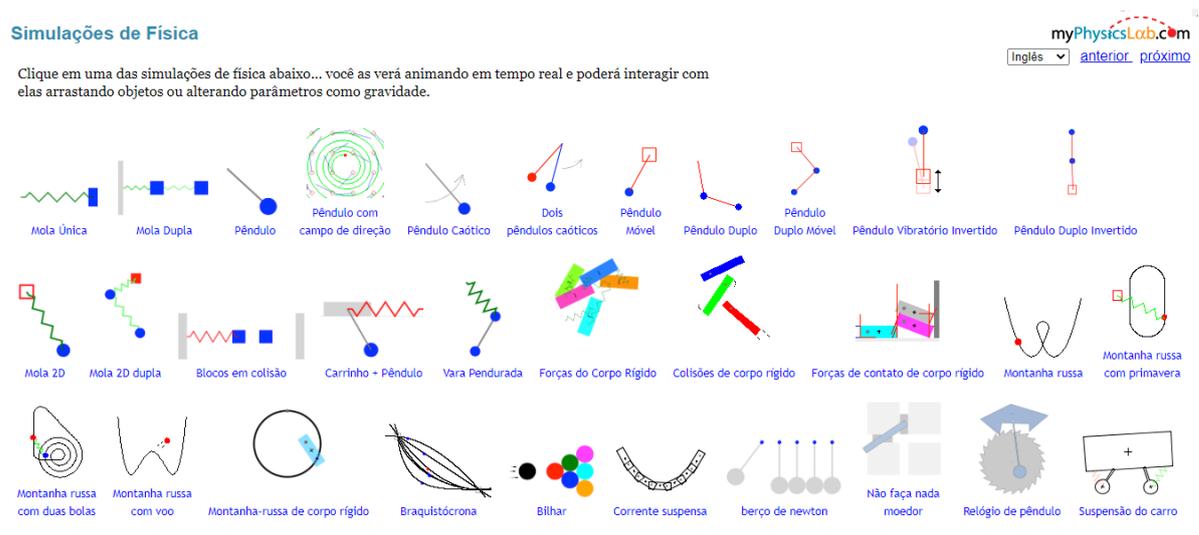


Figura 3.1: Parte da página inicial do myPhysicsLab.

O myPhysicsLab é fornecido como software de código aberto sob a licença Apache 2.0¹¹. Existem cerca de 50 simulações diferentes no código-fonte, cada uma com um arquivo de exemplo que é principalmente para desenvolvimento e teste.

Já no Brasil, quando se diz respeito aos sites de simulações interativas, citamos o SimuFísica, objeto de estudo desta dissertação. Além do SimuFísica, podemos citar o Laboratório Virtual de Física da Universidade Federal do Ceará¹², desenvolvido pelo professor Nildo Loiola, sendo um site de simulações interativas que apresenta duas alternativas aos experimentos reais de física, sendo elas: simulações de experimentos e experimentos filmados. Conforme informado na página inicial do site, as simulações de experimentos procuram guardar semelhança com os experimentos reais correspondentes. Os experimentos filmados consistem de experiências reais que foram registradas em filme para permitir ao observador o estudo do fenômeno físico em questão. O site disponibiliza simulações no estudo de mecânica, ondulatória, termodinâmica, eletricidade e magnetismo, óptica e física moderna. O criador do site disponibiliza na aba materiais um roteiro passo-a-passo para a realização do experimento em cada situação. Os roteiros sugeridos são de livre acesso, sendo necessário a inscrição apenas para os arquivos editáveis. Segundo o site, o material pode ser usado livremente para propósitos educacionais sem fins lucrativos. A figura abaixo 3.2 representa uma das simulações disponíveis nesse site.

⁹<https://www.physicsclassroom.com/distance-learning-in-physics>

¹⁰<https://www.myphysicslab.com/>

¹¹<https://github.com/myphysicslab/myphysicslab>

¹²<https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/>

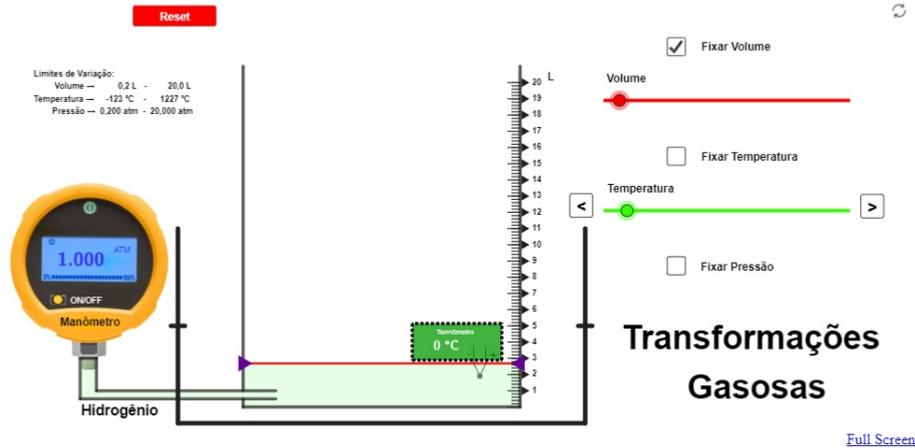


Figura 3.2: Aplicativo Transformações Gasosas. Essa simulação permite fixar uma das variáveis e consequentemente alterar as outras variáveis permitindo a observação do processo gasoso.

Podemos ainda citar o site desenvolvido pelo professor Eduardo Stefanelli¹³, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo, graduado em Tecnologia Mecânica e Engenharia Mecânica. Este site apresenta simulações e animações voltadas para área de engenharia mecânica. No tópico metrologia da página inicial são disponibilizadas informações como o uso das simulações e animações através do site Youtube, além de simulações, autoavaliação, exercícios e respostas comentadas. As animações e simulações são voltadas para o estudo de automobilística e termodinâmica. A figura 3.3 demonstra uma das animações disponíveis nesse site e que pode ser aplicada ao ensino de física no contexto da educação básica.

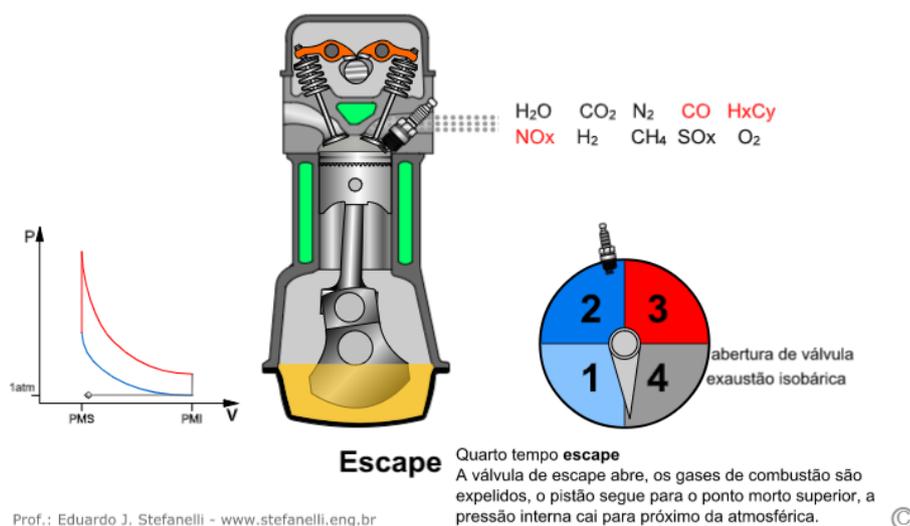


Figura 3.3: Aplicativo Motor de Quatro Tempos. Nessa simulação é possível entender as transformações termodinâmicas envolvidas em um motor a combustão

Enfim, é notório o grande avanço do uso das simulações computacionais pelos educa-

¹³<https://www.stefanelli.eng.br/>

dores, uma vez que essas simulações proporcionam um ambiente interativo onde o aluno pode criar o seu conhecimento, sendo elas inseridas no processo de ensino aprendido como método inovador e promissor.

4 O PRODUTO EDUCACIONAL E A FÍSICA ENVOLVIDA

O produto educacional oriundo desta dissertação é um conjunto de propostas de ensino de diversos conteúdos de física com base em simulações computacionais da plataforma SimuFísica[®]. Esse produto é um livro digital (Fig. 4.1) – eBook – composto por propostas de aplicação prática envolvendo a forma de abordagem de simulações da plataforma SimuFísica[®] em sala de aula.



Figura 4.1: Capa do produto educacional desenvolvido. O produto completo pode ser encontrado no Anexo A desta dissertação e também no site da plataforma SimuFísica[®]: <https://simufisica.com/material-apoio/produto-educacional-cristiane-mara.pdf>.

O eBook contém uma introdução à plataforma SimuFísica[®], as possibilidades de seu uso em sala de aula e roteiros completos de aulas envolvendo três aplicativos, uma para cada ano do ensino médio.

O primeiro aplicativo, cujo conteúdo é estudado no 1º ano do ensino médio, é o Conservação de Energia Mecânica. Nesse aplicativo trabalhamos os fundamentos da conservação de energia mecânica e seus tipos: energia cinética, energia potencial elástica e energia potencial gravitacional. Para um melhor resultado no ensino desse conteúdo, onde o aluno poderá identificar o que foi aprendido, pode ser apresentada uma situação hipotética envolvendo as variáveis manuseadas nas simulações.

Já com respeito ao 2º ano do ensino médio temos o aplicativo Lei dos Gases Ideais. A ideia é trabalhar conceitos de temperatura, pressão e energia interna, dentre outros. No roteiro é apresentada uma situação hipotética voltada para o conteúdo, com a finalidade de trabalhar os subsunçores de cada aluno, permitindo-os a construção de novos conhecimentos.

Por fim, o aplicativo referente ao conteúdo do 3º ano do ensino médio é Consumo de Energia Elétrica. O consumo de energia residencial é um assunto muito discutido no nosso dia a dia. A tarifa abusiva tem levado muitos consumidores à busca de esclarecimentos sobre valores cobrados. O uso desse aplicativo permitirá ao aluno calcular o consumo de energia residencial utilizando a potência real dos equipamentos e o tempo que eles permanecem ligados. Nesse aplicativo, os alunos entenderão a importância do conhecimento aprendido em sala de aula a partir de uma aplicação prática do conteúdo no cotidiano.

Esta é provavelmente a primeira dissertação de mestrado envolvendo aplicações da plataforma SimuFísica[®] em sala de aula. Isso posto, apresentamos na seção abaixo esse software didático incluindo alguns detalhes técnicos sobre o seu funcionamento e algumas de suas potencialidades. Nas seções seguintes abordamos um pouco da física envolvida em cada um dos três aplicativos que são a base do produto educacional.

4.1 O SIMUFÍSICA[®]

O SimuFísica¹ foi criado pelo professor Marco Polo Moreno de Souza, professor de física da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), e conta com diversos colaboradores, dentre eles a autora desta dissertação, que faz parte da equipe do projeto de desenvolvimento tecnológico do SimuFísica[®] institucionalizado na UNIR.

O SimuFísica (Fig. 4.2) é um construto de aplicativos de simulações computacionais que abordam diversos temas da Física, tanto de nível de ensino médio quanto de nível superior, como o lançamento de projétil, a dinâmica de dois gases, o pêndulo esférico, a armadilha magneto-óptica e muitos outros. Tendo sido desenvolvido em meados de 2020, todos os aplicativos do SimuFísica[®] estão em processo de melhoria contínua, bem como da plataforma que abriga os aplicativos.

O SimuFísica[®] tem por finalidade contribuir para o ensino de física através do uso de aplicativos simuladores, atribuindo aplicação prática dos conceitos estudados através da interação e comunicação entre os alunos. Também possibilita aos professores mesclarem aulas teóricas e práticas, visto que o uso da tecnologia torna as aulas mais dinâmicas e possibilita o aprendizado de forma interativa.

Além disso, pode ser usado como um poderoso instrumento de ensino pelos professores tanto em sala de aula convencional como no laboratório de informática das escolas, sem a

¹O SimuFísica é uma marca registrada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI (Processo nº: 923388737).



Figura 4.2: A plataforma SimuFísica® na versão online 1.5 aberta em um navegador de internet.

necessidade do uso da internet no momento da aula. Isso é possível porque pode-se instalar o simulador no computador ou em outros dispositivos eletrônicos como tablets e smartphones.

4.1.1 Visão geral

Em geral, os aplicativos são compostos (ver Fig. 4.3):

- Pela simulação propriamente dita;
- Por parâmetros e condições iniciais que podem ser controlados por botões tipo *sliders*;
- Por um gráfico que pode conter a evolução das variáveis dinâmicas; e
- Por uma barra de ferramentas onde é possível iniciar e pausar a simulação, acessar as informações do *app*, etc.

Os aplicativos do SimuFísica® são responsivos, o que significa dizer que eles se ajustam ao tamanho da tela do dispositivo usado. Nas figuras 4.3 e 4.4 podemos ver o mesmo aplicativo – Gás ideal – em três dispositivos distintos.

4.1.2 Como obter

O SimuFísica® pode ser acessado basicamente através de três formas:

- Online, através do seu endereço web². Última versão: 1.7.1 (18/12/2022);

²<https://simufisica.com>

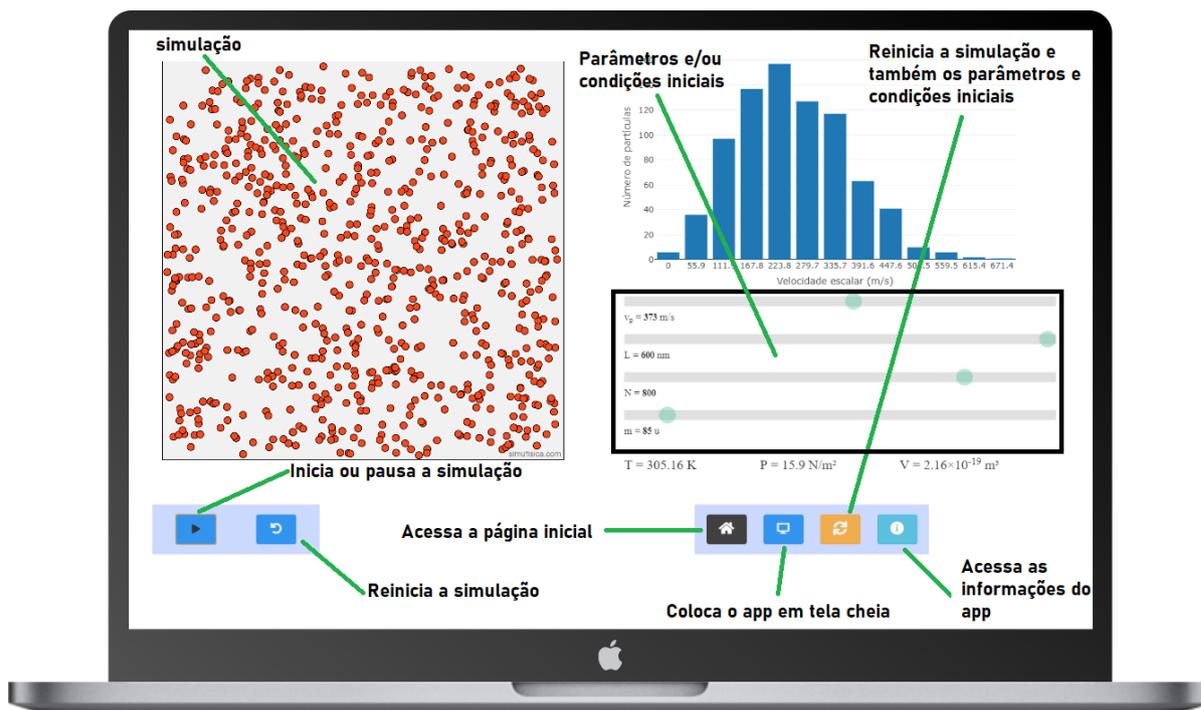


Figura 4.3: Aplicativo Gás ideal na versão MacOS em um Macbook com tela de 13 polegadas.

- Através das lojas de aplicativos Microsoft Store³, Google Play⁴ e Snap Store⁵. Últimas versões: 1.1 (27/12/2021) e 1.7.1 (22/12/2021); e
- Através de download e instalação pelo próprio endereço web do SimuFísica⁶. Últimas versões: 1.7.1 (20/12/2022)

A versão online é compatível com todos os dispositivos capazes de acesso à internet. Já as versões das lojas de aplicativos dependem de cada loja (Microsoft Store → computadores e tablets Windows; Google Play → smartphones e tablets Android; Snap Store → computadores com Linux). Por fim, as versões para instalação na página de downloads do SimuFísica[®] são voltadas aos computadores desktop com Windows, Linux e MacOS.

4.1.3 Seu funcionamento

A maior parte dos aplicativos da plataforma SimuFísica[®] é baseada em simulações computacionais, como o nome sugere e como já mencionamos. Isso quer dizer que as equações do movimento, quase sempre equações diferenciais ordinárias (EDOs), são resolvidas numericamente em tempo real geralmente pelo método de Runge-Kutta de quarta ordem via programação

³<https://apps.microsoft.com/store/detail/simufisica/9N7HJVB9FMZT>

⁴<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.simufisica>

⁵<https://snapcraft.io/simufisica>

⁶<https://simufisica.com/downloads>



Figura 4.4: Aplicativo Gás ideal em um Ipad Air de 2ª geração (à esquerda) e em um smartphone MotoG também de 2ª geração (à direita).

em linguagem Javascript. Cada atualização de um *frame* da simulação é precedida pela solução das EDOs usando várias unidades do passo de integração temporal h , como mostrado na Fig. 4.5.

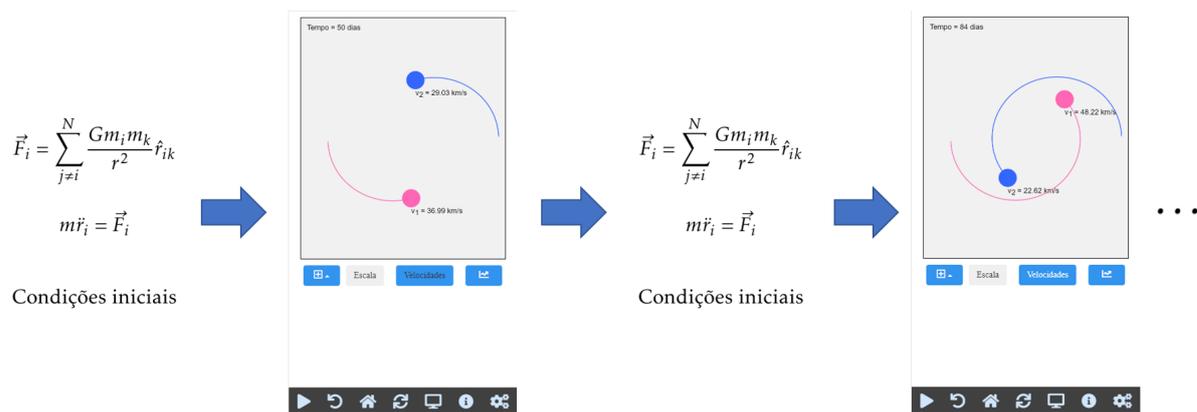


Figura 4.5: Ilustração do funcionamento da simulação do aplicativo “Gravitação”, onde cada *frame* é atualizado a partir da solução numérica de equações diferenciais que usam como condições iniciais as variáveis do *frame* anterior.

4.1.4 Tecnologias utilizadas

O núcleo do SimuFísica[®] é composto por código escrito em HTML, CSS e Javascript. Com eles temos o que pode ser chamado de aplicativo web (Fig. 4.6): um conjunto de pastas com diversos arquivos em HTML, CSS e Javascript reunidos em um servidor remoto e acessível por um endereço na internet. Desses códigos, o HTML é responsável pelo conteúdo estático, basicamente texto e outros elementos sem formatação. O CSS delimita o design, que governa a disposição dos elementos na tela, o padrão de cores e a barra inferior, por exemplo. E por último temos o Javascript, responsável pela solução numérica das equações e por desenhar a simulação na tela do dispositivo.

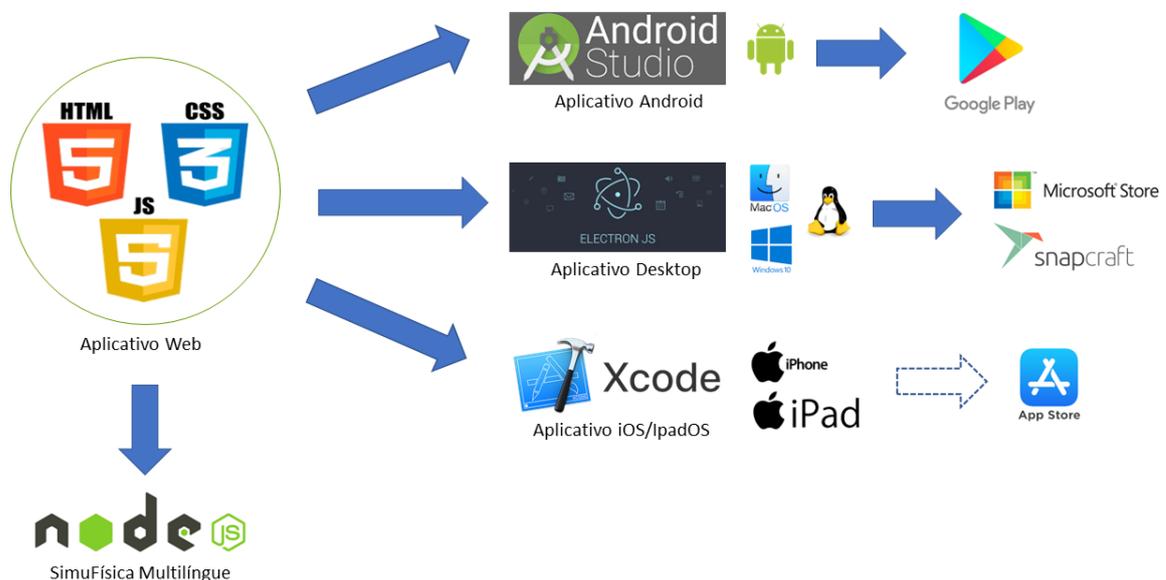


Figura 4.6: Ilustração de como tecnologias diversas são usadas no desenvolvimento da plataforma SimuFísica[®].

Tecnologias adicionais são responsáveis pelo desenvolvimento do SimuFísica[®] para diversas plataformas, mas sempre usando o mesmo núcleo acima mencionado. Com o IDE (ambiente de desenvolvimento integrado, do inglês *Integrated Development Environment*) Android Studio e a classe WebView da linguagem Java, é possível criar um aplicativo para tablets e smartphones baseados no sistema operacional Android. O procedimento análogo pode ser realizado com o IDE Xcode da Apple, mas tendo como alvo dispositivos como Iphones e Ipad. Por fim, com o Electron js, um *framework* do Javascript, aplicativos desktop podem ser desenvolvidos para computadores com Windows, MacOS e Linux. A publicação nas lojas de aplicativos é realizada a partir das IDEs e do framework destacados acima (o SimuFísica[®] só não está na App Store por falta de recursos financeiros, mas já existe um versão operacional funcionando em Iphones e Ipad localmente).

Enfim, ressaltamos o uso do *framework* Node js (um ambiente tipo servidor do Javascript) para o processo de desenvolvimento da versão em inglês do SimuFísica⁷. Com o Node js, as versões em inglês dos aplicativos do SimuFísica são automaticamente atualizadas assim que as correspondentes em português o são.

4.2 APLICATIVO CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA

4.2.1 Apresentação

O objetivo deste aplicativo⁸ é ilustrar a transformação entre os diversos tipos de energia: energia cinética, energia potencial gravitacional e energia potencial elástica. Com esse intuito, o aplicativo simula o movimento de um objeto pontual com velocidade inicial v_0 e massa m através de um percurso unidimensional com variações de altura em relação a um referencial. Há também a presença de uma mola que segue a lei de Hooke e de uma região com atrito para demonstrar a perda de energia mecânica por dissipação. Este aplicativo trabalha diversos tópicos, direta ou indiretamente, da BNCC (Base Nacional Curricular Comum) do Ensino Médio: EM13CNT106⁹, EM13CNT101¹⁰ e EM13CNT308¹¹.

Observe na Fig. 4.7 uma imagem do aplicativo Conservação de Energia Mecânica na versão online para desktops:

Neste *app* o usuário pode controlar:

- A velocidade inicial v_0 e massa m do objeto.
- O coeficiente de atrito cinético (ou dinâmico) μ_c .
- A constante elástica k da mola.
- A aceleração da gravidade g .

⁷Pode ser acessado pelo endereço <https://simufisica.com/en/>

⁸O aplicativo Conservação de energia mecânica encontra-se registrado no INPI sob o número BR 51 2022 001229 4. São titulares os docentes Cristiane Mara Oliveira e Marco Polo Moreno de Souza – ver Anexo C.

⁹EM13CNT106: Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais. Fonte: BNCC.

¹⁰EM13CNT101: Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas. Fonte: BNCC.

¹¹EM13CNT308: Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais. Fonte: BNCC.



Figura 4.7: Versão online 1.5 para desktops do aplicativo Conservação de Energia Mecânica.

- A altura (com relação à linha de referência azul) de três regiões.
- A altura da linha de referência para a energia potencial gravitacional.

O *app* calcula a velocidade escalar do objeto em todos os pontos da trajetória, bem como as energias cinética, potencial e mecânica (cinética mais potencial) em forma de gráfico de barras. Com isso, uma enorme combinação de situações pode ser proposta pelo professor em sala de aula, desde observar a deformação máxima da mola, calcular se o objeto consegue atingir um determinado platô, calcular a velocidade do objeto após a descida de uma determinada altura h e observar a influência do atrito na dissipação da energia mecânica, dentre inúmeras outras situações.

4.2.2 A Física por trás do *app*

Embora seja muito simples calcular o estado clássico do objeto (isto é, sua posição e sua velocidade) nas regiões planas, o mesmo não é tão simples quando queremos conhecer esse estado em qualquer ponto de uma dada trajetória determinada por uma função $y = y(x)$.

No *app* Conservação de energia mecânica, essa função é dada por

$$y(x) = \frac{y_1 - 0,5y_2 + 0,5y_2 e^{a(x-\text{reff})}}{1 + e^{a(x-\text{reff})}} + \frac{0,5y_2 + (y_3 - 0,5y_2) e^{a(x-L-\text{reff})}}{1 + e^{a(x-L-\text{reff})}}, \quad (4.1)$$

onde temos os seguintes parâmetros fixos: $a = 0,1$, $L = 300$ (\sim comprimento da região que

pode ter atrito) e $\text{reff} = 150$ (\sim comprimento do primeiro platô), e os seguintes parâmetros que podem ser controlados pelo usuário: y_1 , y_2 e y_3 (as alturas dos três platôs). Esses parâmetros são dados na escala de *pixels*, mas eles são convertidos para metros conforme o Sistema Internacional de Unidades. Na Fig. 4.8 temos o gráfico do valor que essa função assume entre $x = 0$ e $x = 650$.

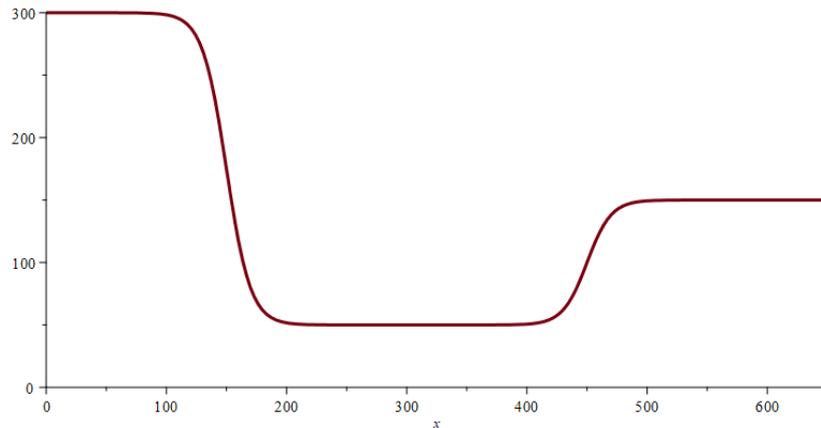


Figura 4.8: Gráfico da trajetória do objeto para [Eq. (4.1)] para $y_1 = 300$, $y_2 = 50$ e $y_3 = 150$.

A dinâmica do objeto vem de cinemática com aceleração constante (exceto quando não está em contato com a mola). Nesse caso, uma variação infinitesimal na posição do objeto, dx , em um intervalo de tempo infinitesimalmente pequeno, dt , é determinada por

$$dx = v dt. \quad (4.2)$$

De forma análoga, a variação na velocidade é calculada por

$$dv = g \left(\frac{dy}{dx} \right) dt. \quad (4.3)$$

As equações (4.2) e (4.3) são integradas numericamente pelo método de Euler, onde fazemos $dt = h$ (passo de integração temporal).

Para a região que contém atrito, consideramos o efeito da força de atrito, dada por

$$F_{at} = \mu_c N \quad (4.4)$$

onde μ_c é o coeficiente de atrito cinético e N é a força normal agindo no objeto. Como no nosso *app* o atrito só pode estar em uma região plana, então sabemos que a força normal é dada por $N = mg$, onde m é a massa do objeto. Nesse caso, na região com atrito o objeto sofre uma desaceleração dada por $\mu_c g$, de forma que a equação da velocidade a ser integrada é dada por

$$dv = -\mu_c g dt. \quad (4.5)$$

Por fim, na região que pode conter uma mola, que também é uma região plana, podemos usar os mesmos argumentos para escrever a equação da velocidade a ser integrada:

$$dv = -\frac{kdx}{m}dt, \quad (4.6)$$

onde k e dx são a constante elástica e uma deformação infinitesimal da mola com respeito ao seu estado de repouso.

É interessante analisar o gráfico da evolução das variáveis dinâmicas. Na Fig. 4.9(a) temos a imagem do *app* para um caso específico: $v_0 = 4$ m/s, $m = 1$ kg, $h_1 = 3$ m, $h_2 = 0,5$ m, $h_3 = 2$ m, $k = 10$ N/m e $\mu_c = 0,4$. Quando o botão iniciar é clicado, as variáveis dinâmicas evoluem segundo os gráficos apresentados nas figuras 4.9(b), 4.9(c) e 4.9(d). Como é possível notar, o objeto consegue atingir a mola no terceiro platô, retornando. Porém, por não ter energia suficiente devido à dissipação de energia mecânica pelo atrito contido no segundo platô, o objeto vai e volta algumas vezes até parar no platô central. A curva tipo espiral “decrecente” disposta na Fig. 4.9(c) é característica de sistemas dinâmicos com dissipação.

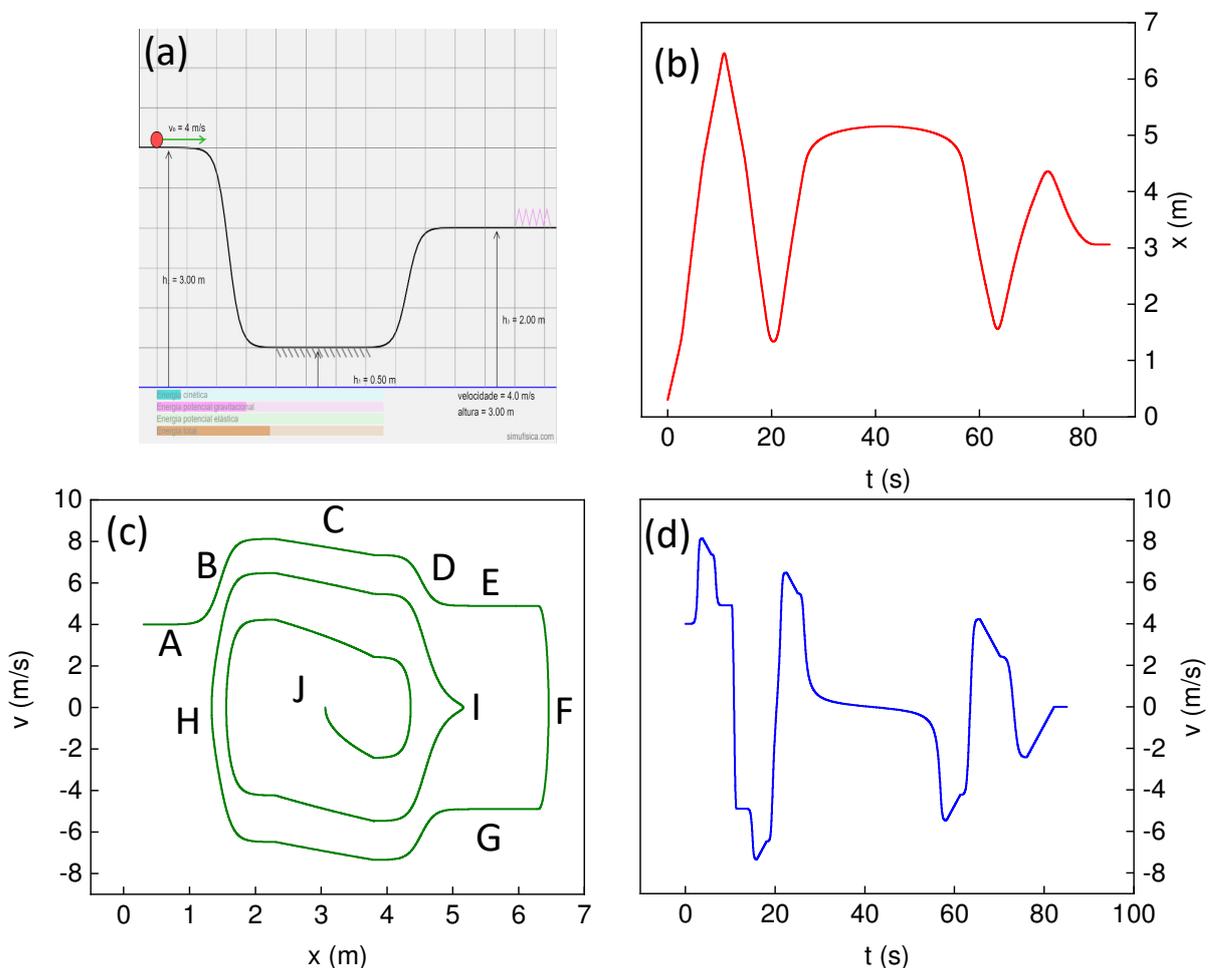


Figura 4.9: (a) Parte da imagem do *app* Conservação de energia mecânica. (b) Gráfico da componente x da posição do objeto em função do tempo. (c) Espaço de fase da dinâmica do movimento. (d) Gráfico da velocidade escalar v do objeto em função do tempo. Essas informações foram obtidas a partir da função `console.log()` do código-fonte do *app* em Javascript e coletadas em um navegador da web.

Os pontos denotados pelas letras maiúsculas na Fig. 4.9(c) representam o seguinte:

- A: Início do movimento do objeto.

- B: Conversão de parte da energia potencial gravitacional em energia cinética.
- C: Dissipação de energia mecânica por atrito.
- D: Conversão de parte da cinética em energia potencial gravitacional.
- E: Movimento uniforme até a mola.
- F: Ida e volta até a mola, convertendo energia cinética em energia potencial elástica e refazendo o processo inverso.
- G: Movimento uniforme da mola até o início da descida.
- H: Ponto onde o objeto para, não conseguindo retornar ao ponto de partida.
- I: Ponto onde o objeto quase consegue subir no último platô.
- J: Ponto onde cessa o movimento do objeto, restando apenas energia potencial gravitacional.

4.3 APLICATIVO GÁS IDEAL

4.3.1 Apresentação

Esse aplicativo¹² (Fig. 4.10) tem por finalidade ilustrar a dependência entre as variáveis de estado P (pressão), V (volume) e T (temperatura) de um gás de partículas não-interagentes. O *app* simula a dinâmica do gás dentro de uma caixa cúbica de aresta L . Os cálculos da simulação levam em conta uma caixa cúbica (portanto tridimensional), mas apenas as projeções das posições das partículas no plano xy (o plano da tela do aplicativo) são mostradas.

Quando o botão Iniciar é clicado, as partículas tendem a preencher todo o recipiente com velocidades dadas de forma aproximada pela distribuição de velocidades de Maxwell-Boltzmann (quanto maior o número de partículas N , mais próximo dessa distribuição as velocidades das partículas estarão).

As variáveis de estado são calculadas da seguinte forma:

- Temperatura: está relacionada com a soma dos quadrados das velocidades das partículas, de acordo com a teoria cinética dos gases;
- Pressão: é calculada em tempo real pela soma de todas as pressões exercidas por cada partícula nas faces do recipiente;

¹²Pedido para registro de Programa de Computador no INPI feito para a UNIR. Processo SEI 23118.006577/2022-27.

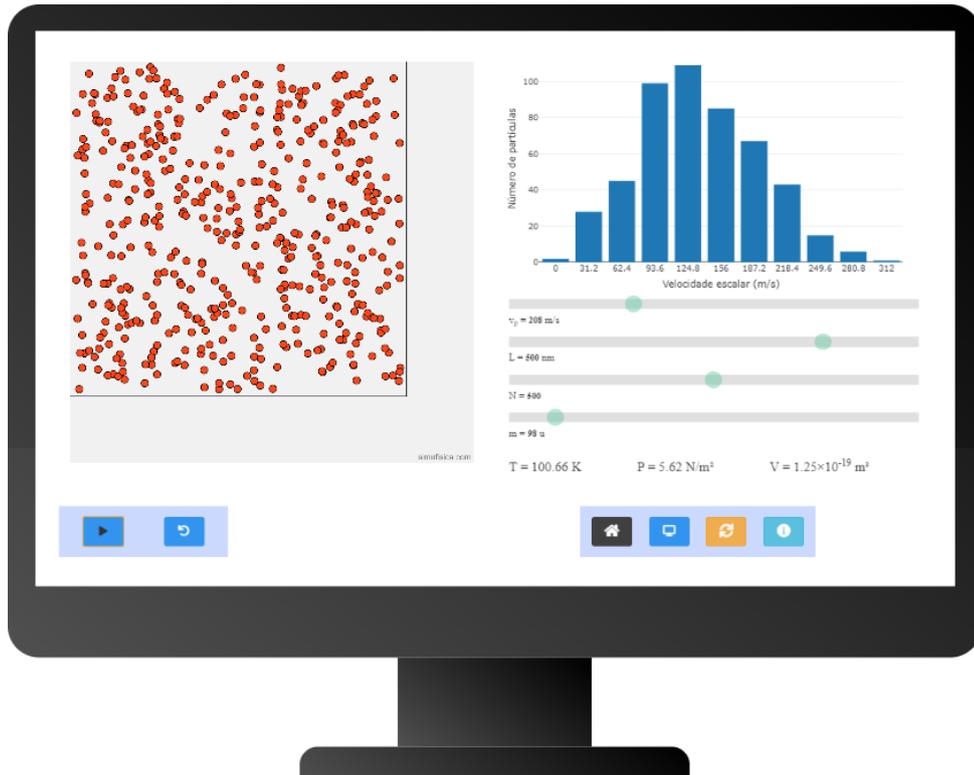


Figura 4.10: Aplicativo Gás ideal da plataforma SimuFísica. Versão online 1.5.

- Volume: é dado pelo cubo da aresta L .

Como as colisões com as faces do recipiente são consideradas perfeitamente elásticas, não há alterações nos módulos das velocidades das partículas conforme a simulação é realizada. É preciso destacar que, pelo fato de a pressão ser calculada em tempo real e com uma quantidade muito pequena de partículas quando comparamos com o número de Avogadro, há uma flutuação relativa considerável na pressão P do gás, conforme será abordado na subseção abaixo.

4.3.2 A Física por trás do *app*

Temperatura

Podemos começar nossa abordagem da Física do *app* pela temperatura T do gás à luz da teoria cinética dos gases. A temperatura é uma grandeza macroscópica, o que significa dizer que um único átomo não tem temperatura. Essa grandeza está relacionada com a massa e com a média dos quadrados das velocidades de todas as partículas do gás através da expressão¹³

$$T = \frac{m \langle v^2 \rangle}{3k_B}, \quad (4.7)$$

¹³Herch Moysés Nussenzveig (2014). *Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor*. Blucher.

onde m é a massa das partículas, $\langle v^2 \rangle$ é a velocidade quadrática média e k_B é a constante de Boltzmann. Como podemos observar, a Eq. (4.7) é a energia cinética média das partículas do gás dividido por $3k_B/2$, o que dá uma ideia do que representa a temperatura de um gás: superficialmente falando, é um indicativo quantidade de energia que as partículas do gás carregam.

Mas a distribuição de velocidades entre as moléculas do gás não é uniforme. Para um gás de moléculas de oxigênio em $T = 300$ K, por exemplo, a velocidade escalar mais provável do O_2 fica em torno de 400 m/s, com a velocidade média em torno de 450 m/s, o que leva a uma distribuição assimétrica de velocidades que vai desde 0 a 1200 m/s¹⁴.

A equação que indica, no equilíbrio térmico, a fração f de moléculas com velocidades entre v e $v + dv$ é conhecida como distribuição de Maxwell-Boltzmann¹⁵:

$$f = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2k_B T}} \quad (4.8)$$

Essa é uma equação muito importante da Mecânica Estatística e dela pode ser deduzida tanto a Eq. (4.7) como também a velocidade mais provável das moléculas do gás.

Antes do início da simulação do *app* Gás ideal, as velocidades \vec{v} de todas as partículas precisam ser determinadas. Porém, mesmo sabendo da distribuição de Maxwell-Boltzmann, isso não ajuda muito: em termos matemáticos, não é um problema simples criar um conjunto de números aleatórios tal que eles satisfaçam uma dada distribuição de probabilidades f , muito embora o processo oposto seja muito simples. Essa tarefa, entretanto, é factível quando olhamos para a distribuição das *componentes* das velocidades em cada um dos três eixos cartesianos, que é dada por¹⁶

$$f(v_k) = \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} e^{-\frac{mv_k^2}{2k_B T}}, \quad (4.9)$$

onde v_k é a componente da velocidade da molécula no eixo k . A Eq. (4.9) é uma distribuição gaussiana e, para esse caso específico, é fácil criar um conjunto de números aleatórios que satisfaçam a distribuição $f(v_k)$: rolando dados. A soma dos números obtidos no lançamento dos dados segue aproximadamente a distribuição gaussiana.

Assim, a distribuição de todas as velocidades das partículas do *app* Gás ideal são obtidas seguindo o algoritmo abaixo¹⁷:

1. É criada uma função que gera N_{dados} números pseudoaleatórios inteiros no intervalo $[0, 100]$, retornando a soma de todos esses números gerados.

¹⁴David Halliday, Robert Resnick e Jearl Walker (2016). *Fundamentos de Física – Gravitação, Ondas e Termodinâmica*. LTC.

¹⁵Herch Moysés Nussenzveig (2014). *Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor*. Blucher.

¹⁶Herch Moysés Nussenzveig (2014). *Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor*. Blucher.

¹⁷Cassia Ester de França Ladeira (2019). *Simulações Computacionais: um modelo simples para o resfriamento atômico*. Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Física, Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Física, Campus Ji-Paraná. URL: <http://www.marcopolo.unir.br/images/downloads/tcc/cassia-ester-de-franca-ladeira.pdf>.

2. As componentes das velocidades nos três eixos, para todas as partículas, são atribuídas como sendo 10 vezes o parâmetro v_p (\sim velocidade mais provável) vezes o retorno da função descrita no passo 1.
3. Com essa distribuição de velocidades criada, a temperatura do gás é dada pelo cálculo da Eq. (4.7).

Abaixo temos um trecho do código-fonte do *app* onde são mostrados esses três passos.

```

1 function dados(p)
2 {
3     var s, k;
4     s = 0;
5     for (k=1; k<=p; k++)
6         s = s + Math.floor( 100*Math.random() );
7     return ( s/(99*p)-0.5 );
8 }
9
10 for (k=0; k<=N-1; k++)
11 {
12     vx[k] = 10*vp*(dados(Ndados));
13     vy[k] = 10*vp*(dados(Ndados));
14     vz[k] = 10*vp*(dados(Ndados));
15     vrms = vrms + vx[k]*vx[k] + vy[k]*vy[k] + vz[k]*vz[k];
16 }
17
18 T = M*vrms/(3*N*R);

```

No trecho de código-fonte acima, N é o número de partículas escolhido pelo usuário e $N_{\text{dados}} = 40$, o que significa que a distribuição de velocidades é realizada simulando o lançamento de 40 dados de 100 faces cada.

Uma comparação entre a curva obtida da Eq. (4.8) e a distribuição realizada pelo código acima está mostrada da Fig. 4.11, o que demonstra a eficácia do algoritmo usado no nosso *app*.

Pressão

A pressão de um gás pode ser entendida como um valor médio de todas as forças por unidade de área que cada molécula exerce sobre as paredes do recipiente que o contém. No caso do *app* Gás ideal, o recipiente é um cubo, portanto com 6 faces iguais de lados $L \times L$, onde L pode ser escolhido pelo usuário.

No *app*, o cálculo da pressão é feito em tempo real através de uma equação que derivaremos a seguir a partir de mecânica newtoniana. Da definição de pressão P , temos

$$P = \frac{F}{A}, \quad (4.10)$$

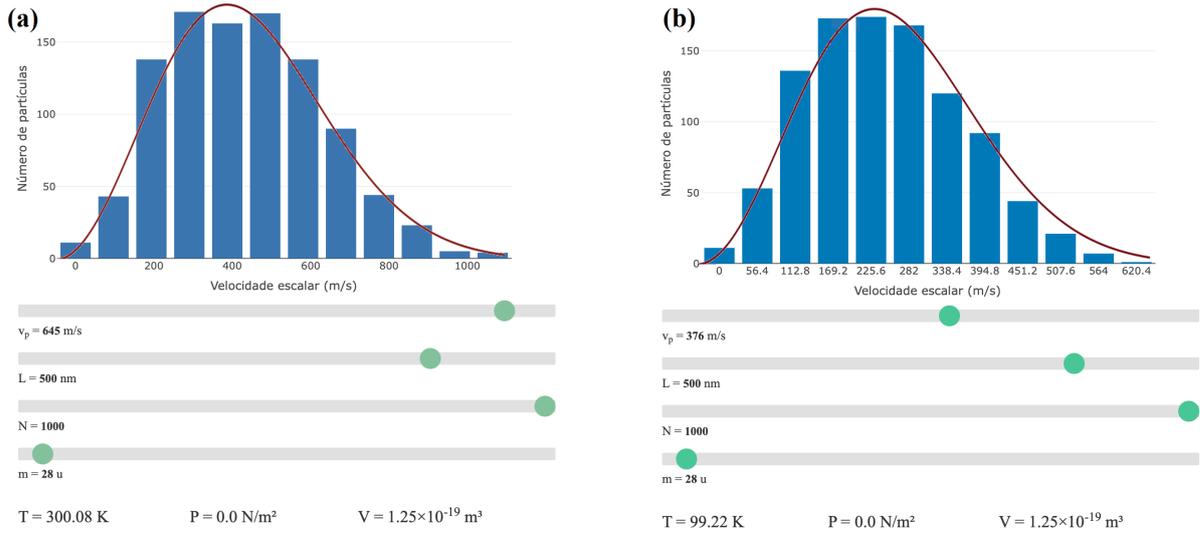


Figura 4.11: Comparação entre a distribuição de velocidades dada pelo app Gás ideal (histograma azul) e a distribuição de Maxwell-Boltzmann obtida da Eq. 4.8 (curva vermelha), para um gás de moléculas de nitrogênio (N_2) nas temperaturas de (a) 300 K e (b) 100 K.

isto é, força F por unidade de área $A = 6L^2$. O cálculo da força vem da segunda lei de Newton:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}, \quad (4.11)$$

onde $\Delta p = m\Delta v$ é a variação de momento linear da molécula após sua batida na parede do recipiente no intervalo de tempo Δt . Como todas as colisões das moléculas com as paredes são 100% elásticas, a variação da velocidade entre os instantes após e antes da batida é dada por $\Delta v = 2|v_k|$, onde k é o eixo normal ao plano da face que recebeu a batida. Juntando as Eqs. (4.10) e (4.11), temos que a pressão total exercida pelas N moléculas em uma fração de tempo Δt é dada por

$$P = \frac{m}{3L^2\Delta t} \sum_{\text{batidas}} \sum_{i=1}^N |v_k^{(i)}|, \quad (4.12)$$

onde $|v_k^{(i)}|$ é o valor absoluto da componente k da velocidade da i -ésima molécula.

Vale lembrar que, por estarmos longe do limite termodinâmico, há bastante flutuação na pressão P calculada e informada pelo *app*. Essa flutuação, como se sabe, diminui com o aumento do número de partículas N escolhido na simulação, conforme está ilustrado na Fig. 4.12, onde temos a pressão em função do tempo com 10, 100 e 1000 moléculas de N_2 em $T = 300 \text{ K}$ e volume $V = 1,25 \times 10^{-19} \text{ m}^3$, com flutuações relativas de 6,7%, 2,0% e 1,6%, respectivamente. As flutuações relativas foram calculadas a partir da equação

$$\text{flutuação relativa} = \frac{\delta P}{\langle P \rangle}, \quad (4.13)$$

onde δP é o desvio-padrão da pressão e $\langle P \rangle$ o seu valor médio. É esperado que $\delta P / \langle P \rangle \rightarrow 0$ quando $N \rightarrow \infty$.

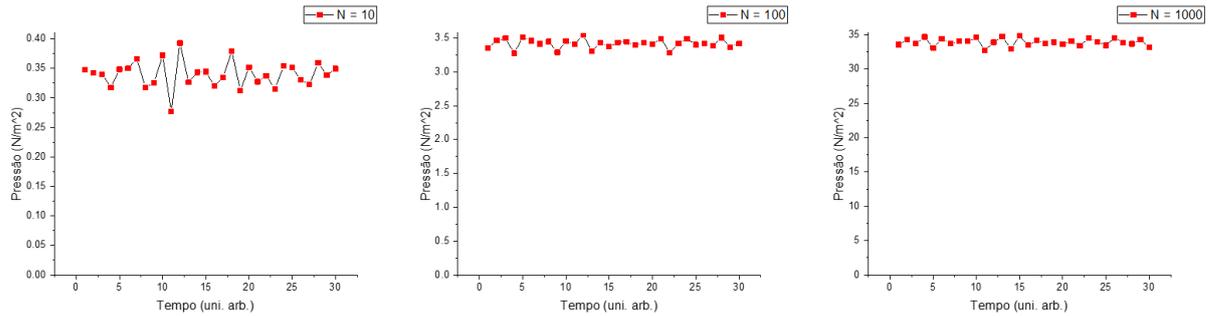


Figura 4.12: Pressão informada pelo *app* Gás ideal em função do tempo para uma simulação com $N = 10$, 100 e 1000 moléculas. É possível perceber uma diminuição na flutuação relativa da pressão conforme o número de moléculas cresce.

Volume

O volume do recipiente é dado por $V = L^3$, onde L é a aresta do cubo. O valor máximo da aresta L que pode ser escolhido pelo usuário varia conforme a tela do dispositivo. Para desktops, esse valor máximo fica em 600 nm, ou seja, é um recipiente nanométrico. Foi preciso considerar um recipiente desse tamanho para que a pressão de um gás com poucas moléculas ficasse na ordem das dezenas de N/m^2 .

A lei dos gases ideais

Em testes realizados, observamos que as variáveis de estado P , V e T seguem a conhecida lei dos gases ideais:

$$PV = Nk_B T. \quad (4.14)$$

Destacamos que não há nenhuma imposição da Eq. (4.14) no código-fonte do *app*: a relação entre P , V , T e N vem puramente da definição de temperatura [Eq. (4.7)] e do cálculo da pressão em tempo real [Eq. (4.12)].

4.4 APLICATIVO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

4.4.1 Apresentação

Este aplicativo¹⁸ realiza o cálculo de consumo de energia elétrica residencial. O cálculo leva em conta a bandeira tarifária e a taxa de iluminação pública. Os valores das bandeiras tarifárias variam de tempos em tempos, conforme determina a ANEEL. Há ainda os impostos

¹⁸Pedido para registro de Programa de Computador no INPI feito para a UNIR. Processo SEI 23118.006583/2022-84.

federais e estaduais a serem incididos sobre o valor adicional da bandeira tarifária. O valor da taxa de iluminação pública varia de município para município.

Observe na Fig. 4.13 uma imagem do aplicativo Consumo de Energia Elétrica na versão desktop online:

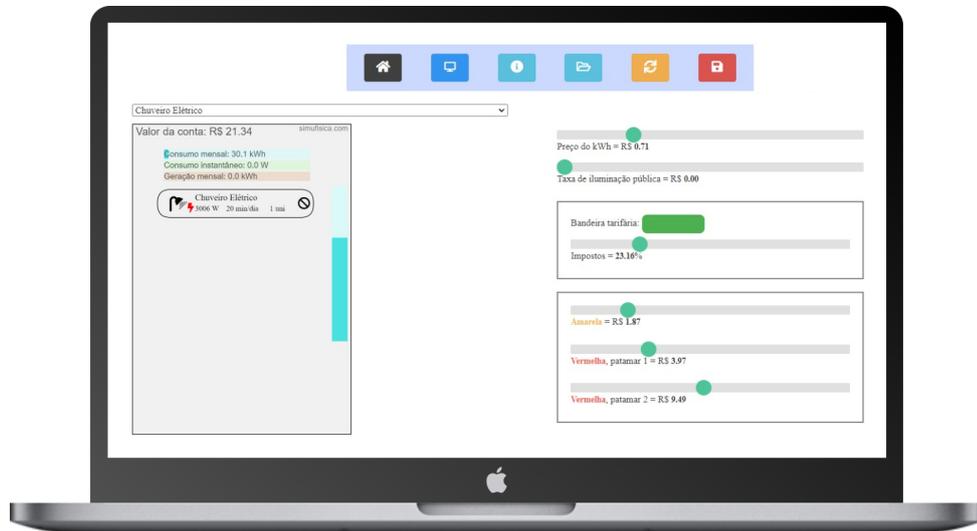


Figura 4.13: Aplicativo Consumo de energia elétrica da plataforma SimuFísica. Versão online 1.5.

Nesse *app*, a primeira ação que o usuário precisa fazer é adicionar os itens que compõem a sua casa. Na medida em que eles vão sendo adicionados, o valor atualizado da conta de energia elétrica é informado pelo *app*.

Neste *app* o usuário pode controlar:

- O preço do kWh.
- O valor da taxa de iluminação pública.
- Os valores dos adicionais das bandeiras tarifárias.
- Os impostos que incidem sobre as bandeiras tarifárias.

Além disso, para cada item adicionado na lista, é possível regular:

- A potência do item/eletrodoméstico.
- O tempo de uso por dia em minutos ou horas.
- A quantidade de itens de cada tipo.
- Se ele está ligado ou desligado.

Ademais, junto com o valor da fatura, o aplicativo informa também o consumo mensal em kWh, o consumo instantâneo dos aparelhos que estão ligados e a geração mensal em kWh no caso da lista conter painéis solares.

Este aplicativo trabalha os três tópicos da BNCC já mencionados: EM13CNT106, EM13CNT101 e EM13CNT308.

4.4.2 A Física por trás do *app*

Este *app* funciona praticamente apenas através da definição de potência P da mecânica:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}, \quad (4.15)$$

isto é, energia ΔE por unidade de tempo Δt . Invertendo a Eq. (4.15), temos o valor que um determinado aparelho consome de energia ΔE se ele estiver ligado por um determinado intervalo de tempo Δt :

$$\Delta E = P \Delta t. \quad (4.16)$$

Considerando o consumo e a geração de energia em kWh de todos os aparelhos em conjunto com todas as taxas envolvidas, temos a seguinte fórmula para o valor da fatura em R\$:

$$\text{Valor} = (\text{Cons} - \text{Ger}) \times \text{Preço} + \text{Ilumin} + \frac{\text{Cons}}{100} \times \text{Band} \times (1 + 0,01 \times \text{Impos}), \quad (4.17)$$

onde:

- Valor: Valor da conta de energia elétrica em R\$.
- Cons: Consumo mensal, em kWh.
- Ger: Geração mensal via placas solares, em kWh.
- Preço: Preço do kWh, já incluindo os impostos.
- Band: Acréscimo devido à bandeira tarifária.
- Impos: Impostos sobre a bandeira tarifária em unidades percentuais (ICMS + PIS + Cofins).
- Ilumin: Taxa de contribuição de iluminação pública.

Aproximações consideradas

A primeira aproximação diz respeito ao valor da potência dos aparelhos. Para simplificar o cálculo, o *app* considera que a potência P é sempre uma constante no tempo. No caso de um computador, por exemplo, sabemos que a potência consumida não é constante durante seu uso, já que ela depende da demanda que os aplicativos abertos oferecem principalmente à CPU (unidade central de processamento) e à GPU (unidade de processamento gráfico), que são os dispositivos que mais consomem energia em um computador. Em testes realizados com o auxílio do aplicativo HWMonitor em um computador doméstico, apenas o processador (um

Ryzen 9 3900X) pode consumir energia que vai desde 30 W (com 1% de uso com núcleos com *clock* em 2,16 GHz) e chegando até 145 W (com 100% de uso com todos os núcleos com *clocks* em 3,94 GHz).

O caso dos painéis solares

Outro exemplo interessante que vale à pena mencionar é o caso das placas solares. Poderíamos pensar que uma placa de 500 W sob 12 horas de Sol geraria uma quantidade de energia de $0,5 \times 12 \times 30 = 180$ kWh no mês, o que seria suficiente para alimentar uma casa simples com poucos eletrodomésticos. Mas a geração de energia vai depender do tempo (se ensolarado, nublado ou chuvoso) e do horário do dia.

Uma placa de potência $P = P_0$ na verdade gera essa potência elétrica em condições ideais, isto é, em um dia ensolarado sem nuvens sob incidência da luz do Sol em 90° com um vetor que mora no plano do painel. Podemos chamar essa potência máxima de potência de pico. Para uma incidência sob um ângulo θ genérico (Fig. 4.14), a componente do raio de luz normal ao plano é proporcional à $\sin \theta$, de forma que podemos escrever a potência gerada para qualquer ângulo como

$$P = P_0 \sin \theta. \quad (4.18)$$

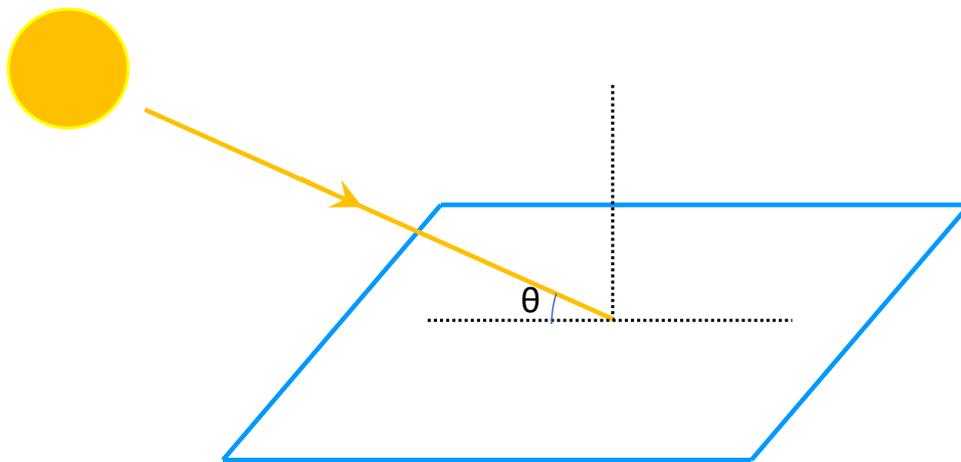


Figura 4.14: Ilustração simplificada da incidência de um raio de luz do Sol sobre um painel solar.

Agora podemos observar que $\theta \propto t$, onde t é o tempo, isto é, o instante de tempo durante o dia. Supondo que o Sol nasce às 6:00 h e se põe às 18:00 h, podemos reescrever a Eq. (4.18) como

$$P = P_0 \sin \left[\frac{\pi(t - 6)}{12} \right] H(t - 6)H(18 - t), \quad (4.19)$$

onde t é o instante de tempo do dia (em horas) e H é a função degrau de Heaviside. Com essa equação em mente, podemos integrá-la entre $t = 6$ h e $t = 18$ h e, ao multiplicarmos o resultado por 30, obtemos a energia em kWh que essa placa é capaz de gerar em um mês:

$$E = \frac{360P_0}{\pi}, \quad (4.20)$$

onde P_0 deve estar em kW. Assim, no caso de uma casa ser alimentada por apenas uma placa de 500 W, a energia gerada seria de apenas 57 kWh, e não 180 kWh. É claro que esse valor varia dependendo de como está o tempo, do correto posicionamento das placas solares e também da época do ano, já que o Sol não faz o mesmo percurso no céu todos os dias do ano.

Na Fig. 4.15 temos uma comparação entre a geração real de 8 painéis solares de 500 W cada, ao longo de um dia, obtido do site SolarPortal (via credenciais), e o gráfico da Eq. (4.19) considerando $P_0 = 4$ kW. Os picos invertidos na geração dos painéis solares visualizados na Fig. 4.15(a) correspondem aos períodos nublados de um dia sem chuvas.

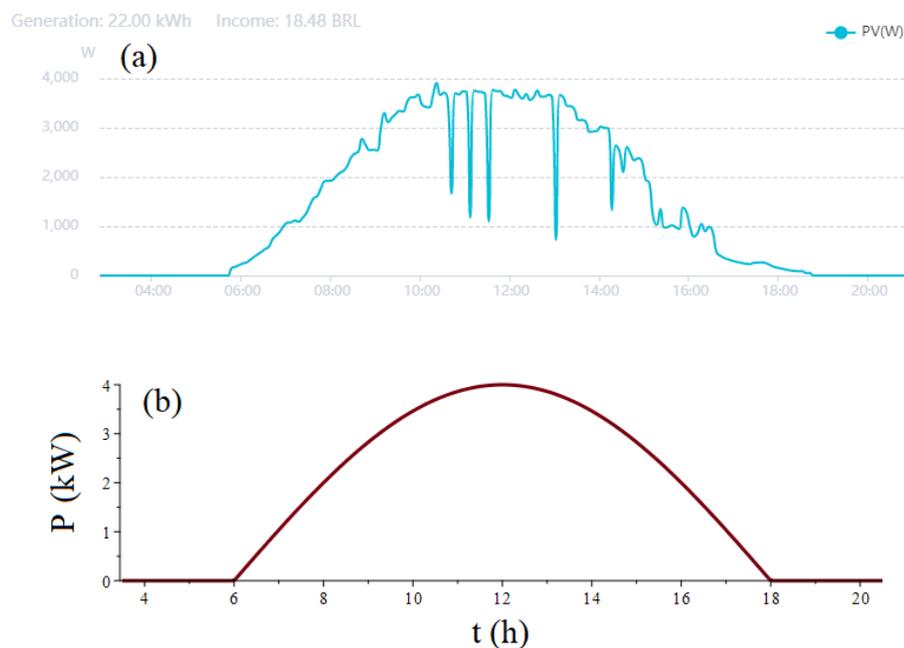


Figura 4.15: (a) Geração doméstica real de 8 painéis solares de 500 W cada ao longo de um dia ensolarado com nuvens ocasionais. Fonte: <http://www.phbsolar.com.br/home/login>. (b) Gráfico obtido da Eq. (4.19) considerando $P_0 = 4$ kW.

5 APLICAÇÃO DO SIMUFÍSICA® E DO PRODUTO EDUCACIONAL

O SimuFísica® foi aplicado nas turmas do Novo Ensino Médio da escola EEEFM Plácido de Castro, localizada na rua Plácido de Castro, 2648, Setor 05, na cidade de Jaru/Rondônia.



Figura 5.1: Foto da entrada da E.E.E.F.M Plácido de Castro.



Figura 5.2: Foto da frente da E.E.E.F.M, Plácido de Castro.

5.1 BREVE HISTÓRICO DA ESCOLA

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Plácido de Castro começou a funcionar em 1970, tendo surgido para atender à necessidade da clientela existente em Jaru, na época impulsionada pela migração, sendo a mais antiga instituição de ensino em funcionamento no município de Jaru. Por ela já passaram milhares de alunos que, com base nos ensinamentos proferidos pelo estabelecimento de ensino, se tornaram pessoas com alto nível de profissionalismo no ramo de atuação que escolheram trilhar.

A escola funciona sob a denominação de Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Plácido de Castro, conforme Decreto 589 de 29/04/1970 e Portaria 4562/15/10/GAB/SEDUC – 11/06/2010/CEE/RO. Sua entidade mantenedora é o Governo do Estado de Rondônia.

A escola atende uma contingência de 825 alunos do Ensino Fundamental e Médio. Possui 23 salas de aula e conta com dois períodos de aulas, com um total de 32 turmas na área urbana – sendo 20 turmas de Ensino Fundamental II, 12 turmas do Novo Ensino Médio e 02 turmas de Atendimento Educacional Especializado. Já na área rural possui 06 turmas, sendo as turmas do Ensino Médio com Mediação Tecnológica, totalizando, assim, 40 turmas atendidas por esta instituição de ensino.

Os profissionais da Escola optaram pelo sistema de avaliação contínua, respeitando a Resolução 138/CEE/RO, com recuperação paralela e no final do ano letivo, obedecendo à Portaria 4.563/15/GAB/SEDUC.

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Plácido de Castro tem um corpo docente formado por 40 professores divididos nos dois turnos, sendo na área rural o turno vespertino, obedecendo a carga horária distribuída no quadro funcional, sendo todos habilitados em sua área específica.

5.1.1 Sobre o Projeto Político Pedagógico

A Proposta Curricular oferecida pela EEEFM Plácido de Castro é elaborada em equipe e com base nas matrizes que a escola dispõe, em especial o Referencial Curricular de Rondônia e a Matriz Curricular do ENEM, assim como os descritores da Prova Brasil.

O Currículo funciona de forma flexível, possibilitando ao professor realizar as mudanças necessárias ao favorecimento das habilidades a serem adquiridas pelos alunos.

Na elaboração da Proposta Curricular são considerados como critérios o tipo de clientela e sua realidade social.

Os professores são assessorados pela Equipe Pedagógica, que conta com duas supervisoras com habilitação em Pedagogia, três orientadoras e duas professoras nas salas de Atendimento Educacional Especializado.

No que diz respeito ao atendimento de alunos com necessidades educativas especiais, a EEEFM Plácido de Castro parte do princípio de que a educação especial tem cumprido na sociedade moderna o papel de complementaridade da educação regular, atendendo de forma democrática na medida em que responde as necessidades dessa parcela da população.

A escola conta com duas salas para o atendimento educacional especializado, sendo duas professoras habilitadas para o atendimento e uma interprete de libras.

Nesse contexto, o desenvolvimento inclusivo da escola assume a centralidade das políticas públicas para assegurar as condições de acesso, participação e aprendizagem de todos os alunos em igualdade de condições.

O desempenho acadêmico de todos os discentes é informado aos pais pelo serviço de orientação pedagógica no momento em que se faz necessário. A escola ainda utiliza do sistema de boletins pelo qual os pais, através de reuniões, podem acompanhar melhor o desempenho de

seus filhos.

A avaliação é feita em todo o decorrer do processo de ensino aprendizagem, tendo como objetivo preparar o aluno para um posicionamento social crítico e participativo, seguindo as normas estabelecidas na Portaria 4.563/2015 – GAB/SEDUC e também ao que estabelece a LDB 9394/96 art. 24 inciso V, alínea “a”.

Para melhor atender a clientela e procurar manter a instituição dentro dos padrões possíveis de funcionamento, a escola disponibiliza os seguintes profissionais nas suas devidas funções:

1º Diretor(a) e Vice-Diretor(a): administra, acompanha e avalia o desenvolvimento das atividades em todos os setores da instituição;

2º Secretário(a) e Auxiliar de secretaria: responsável por toda parte burocrática da escola;

3º Supervisor(a): coordena as atividades pedagógicas, sobretudo na orientação, no planejamento e no laboratório de aprendizagem, no controle, na avaliação dos conteúdos propostos e no acompanhamento ao trabalho docente e no crescimento individual dos educandos em cada disciplina;

4º Orientador(a) Educacional: orienta e acompanha o aluno no decorrer do processo ensino e aprendizagem favorecendo sua autoestima, juntamente com a família, e verificando também: higiene, saúde e bem estar;

5º Merendeira(as): responsável pelo cumprimento do cardápio escolar e manutenção da limpeza da cozinha e do refeitório;

6º Técnico Administrativo: pessoal responsável pela manutenção e limpeza do prédio escolar;

7º Agentes de Portaria: responsável em manter o controle de acesso ao prédio da escola e a disciplina;

8º Corpo docente: responsável pela condução do processo de ensino aprendizagem dos educandos na escola.

Para o ano letivo de 2021, a escola efetivou alguns projetos de suma importância para o discente no que concerne o ensino e aprendizagem, tais como:

1º Projeto de Vida;

2º Bullying;

3º Melhores alunos nos quesitos de comportamento, dedicação e melhor nota, com culminância no final do ano letivo com um jantar com os melhores do ano;

4º Prevenção no combate às drogas;

5º Ações do Programa Saúde na Escola;

6º Abuso e exploração sexual contra crianças e adolescentes;

7º Projeto de Intervenção Pedagógica, que tem como objetivo melhorar o desempenho acadêmico dos estudantes, consolidando as habilidades e sanando as dificuldades para ampliação dos níveis;

8º Projeto de Leitura – “Dia de Ler Todo Dia”, cuja meta é incentivar o aluno quanto à

prática da habilidade leitora e escrita através do ato de ouvir e contar histórias;

9º Realização do Projeto Excelência, com o tema: “O uso consciente da Tecnologia”, onde são realizadas várias ações, dentre elas organização das salas com murais e Cine pipoca na escola.

O Conselho Escolar, de acordo com o Estatuto da EEEFM Plácido de Castro, é formado por membros da comunidade interna e externa por meio de eleição democrática, seguindo o estatuto.

A gestão democrática é garantida através de consulta pública, observada a legislação vigente, Lei N.º 4.120, de 21 de agosto de 2017.

Os funcionários da escola têm seus direitos e deveres assegurados pela Constituição Federal, pelo Plano de Carreira de Cargos e Salários (Lei Complementar nº 680/12), pelo Regimento Escolar e pelo Estatuto dos Funcionários Públicos Civis do Estado de Rondônia.

Enfim, a Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Plácido de Castro é mantida com recursos financeiros enviados pelos governos federal e estadual, sendo eles o PDDE (Programa direto na escola), PME (Programa de melhoria na escola), o PROAFI, (Programa de Apoio Financeiro), o PROAFI adicional, o PNAE, (Programa Nacional de Alimentação Escolar), o Projeto Excelência e o PEALE (Programa Estadual de Alimentação Escolar). Esses recursos são liberados anualmente e parcelados conforme as prestações de contas.

5.1.2 Aspectos físicos

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Plácido de Castro possui cinco pavilhões, sendo três pavilhões compostos de 23 salas de aula, todas climatizadas e com data show instalado.

Em um outro pavilhão (Fig. 5.3) funciona o setor administrativo, sendo composto por uma cantina, uma sala da diretoria, uma sala da supervisão de 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, 1º ao 3º ano do Novo Ensino Médio e mediação Tecnológica Ensino Médio, uma sala com banheiro e um depósito – para os professores – uma sala para secretaria, uma sala para orientação, uma sala de recursos (para Atendimento Educacional Especializado) e banheiro adaptado. Têm ainda duas salas de aula separadas.

Ainda há um terceiro pavilhão onde funciona a cozinha, a despensa, o refeitório, uma sala para as merendeiras e zeladoras e os banheiros para os alunos (Fig. 5.4). Há ainda um outro pavilhão onde funciona o Projeto Alvorada, no qual estão a biblioteca, o laboratório de informática, o laboratório de ciências e a sala de multimeios.

A escola ainda disponibiliza uma área separada com quadra esportiva coberta, uma quadra de areia e uma pista para salto em distância.

Todos os departamentos da escola estão bem equipados com materiais adequados para efetivar o trabalho, tanto na parte pedagógica quanto na administrativa.



Figura 5.3: Pavilhão 1 de acesso à E.E.E.F.M. Plácido de Castro.

5.1.3 Aspectos socioeconômico, cultural e geográfico

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Plácido de Castro está situada num bairro residencial. A clientela atendida é formada de alunos provenientes das classes baixa e média, e a faixa etária varia dos 10 aos 26 anos de idade.

Através dos quadros da clientela, constatou-se que a maioria dos alunos reside no próprio bairro (setor) e a minoria reside em bairros vizinhos. Cerca de 15% dos alunos residem na área rural. Esses alunos da área rural chegam à escola através do transporte escolar disponibilizado em uma parceria entre o Estado e o Município.

A clientela é formada por alunos oriundos de famílias pertencentes cujos pais são funcionários públicos, comerciantes, empregados de laticínios e de frigoríficos, empregadas domésticas, agricultores, trabalhadores autônomos e vendedores ambulantes, dentre outras ocupações.

A concepção religiosa que predomina entre a clientela é a católica, seguida da evangélica em suas diversas denominações. A maior aspiração dos educandos da escola é aprender para a vida e utilizar esse aprendizado no seu contexto cultural e econômico.

5.1.4 Pontos fracos da escola

Segundo a gestão da escola, algo que incomoda grandemente o bom desenvolvimento da escola nos dias atuais, tanto acadêmico e pedagógico quanto administrativo, é a rotatividade do corpo docente.

No início do ano letivo é feito um planejamento com os docentes que estão ativos na es-



Figura 5.4: Pavilhão 1 de acesso à cantina e às secretarias da E.E.E.F.M. Plácido de Castro.

cola, e espera-se que os docentes que virão a compor o quadro se adaptem ao que foi planejado.

A falta de continuidade de docente responsável por algum projeto ou ação dentro da escola tem causado desânimo na equipe pedagógica, uma vez que há o planejamento, há o envolvimento do professor, mas há uma ruptura seja por mudança de escola ou de disciplina.

Ainda temos uma parcela de alunos que não realizam atividades, além de alunos que chegam atrasados e outros que são faltosos. Sendo assim, o índice de reprovação no Ensino Médio tem elevado.

Uma questão extremamente importante a ser resolvida é a construção de um auditório, pois a clientela é grande e, para realizar reuniões e eventos, é necessário um ambiente de acordo com este quantitativo.

5.1.5 Pontos fortes da escola

Já os pontos fortes da escola, segundo a gestão, são os docentes efetivos que compõem o quadro, que são responsáveis e se preocupam com os discentes. Cotidianamente são preparados os estudantes, não só para o mundo estudantil, mas sim para a vida.

O Conselho Escolar está sempre atento aos acontecimentos, participando das decisões e intervindo sempre que se fizer necessário. Anualmente a escola desenvolve os seguintes projetos:

1º Realização do IPP - Projeto de Intervenção Pedagógica;

2º Participação do Grêmio Estudantil nas atividades da Escola;
 3º Aulas preparatórias para o ENEM seguidas de aplicação do simulado no Ensino Médio;

4º Realização do Projeto Excelência com o tema “O uso consciente da Tecnologia”.

Portanto, para a gestão da escola, o projeto político pedagógico é o maior parceiro – garante total sucesso para uma gestão participativa e idealizadora – além do projeto coletivo baseado na interdisciplinaridade, que é reformulado anualmente a partir de uma auto avaliação.

Partindo desse princípio, a avaliação ocorre durante toda a execução do projeto, ou seja, durante todo o ano letivo em reuniões pedagógicas e administrativas, sendo levado em consideração o comprometimento e o envolvimento de todos dentro das ações propostas.

5.2 ROTEIRO DE PROCEDIMENTOS NA APLICAÇÃO DO SIMUFÍSICA

O SimuFísica foi aplicado nas turmas do novo ensino médio da EEEFM Plácido de Castro no período de 04/10/2021 a 22/11/2021.

Vale ressaltar que o novo ensino médio possui uma carga horária anual de 1000 horas. Devido à situação atípica causada pela COVID 19, aulas foram distribuídas em cinco aulas presenciais e diárias de 48 minutos, e seis aulas remotas e semanais de 48 minutos no turno matutino.

As turmas que desfrutaram da aplicação do SimuFísica foram: 1º anos A e D, 2º anos A, B e D e 3º anos A e B.

Devido à situação atípica ocorrida ao longo do ano de aplicação do SimuFísica (2021) decorrente da pandemia do COVID-19, os alunos estiveram 100% sob aula remota durante a primeira aula, onde a plataforma SimuFísica foi apresentada aos alunos pela primeira vez.

Em um primeiro momento ocorreram aulas através da plataforma Google Meet com a apresentação do projeto referente à esta dissertação, onde foi explicado o roteiro a ser desenvolvido durante a aplicação, o que proporcionou curiosidades e perguntas dos alunos.

O roteiro foi apresentado em sala de aula remota obedecendo o horário das aulas de cada ano, sendo 48 minutos para cada aula devido ao contexto pandêmico na época.

Após o encerramento dessa primeira aula, um aluno responsável por cada ano criou um grupo pelo aplicativo de mensagens WhatsApp para o caso de dúvidas, lembretes e recomendações no decorrer da aplicação.

A aplicação do SimuFísica deu início no dia 04 de outubro de 2021, em sala de aula presencial, motivo pelo qual 75% dos alunos estavam presentes, ou seja, a maioria dos alunos.

Foi comunicado através do grupo do aplicativo WhatsApp que o SimuFísica seria utilizado em sala de aula presencial, justificando a maior porcentagem de alunos presentes, além de favorecer momentos de interação entre os participantes. Todos os alunos foram informados e concordaram com a mudança.

Nos 1º anos, a aplicação ocorreu em quatorze aulas – duas aulas semanais de 48 minutos cada aula – sendo sete aulas no 1º A e sete aulas no 1º D.

Trabalhamos o conteúdo Conservação de Energia Mecânica utilizando como instrumento de ensino aprendizagem o simulador “Conservação de Energia Mecânica” disponível na plataforma SimuFísica.

Participaram da aplicação 51 alunos: 24 alunos do 1º A (Fig. 5.5) e 27 alunos do 1º ano D (Fig. 5.6).



Figura 5.5: Aplicação do produto educacional na turma do 1º ano A do ensino médio.

As aulas foram ministradas da seguinte maneira: Ancorados na aprendizagem significativa, primeiro, utilizamos o data show para apresentarmos o SimuFísica e suas simulações.

Os alunos utilizaram seus aparelhos celulares para acessar todo o site. Em seguida, focaram somente na simulação a ser estudada, onde eles manusearam as variáveis e reiniciaram a simulação conforme mudavam seus parâmetros. Nessa etapa, cada aluno foi levado a trabalhar conceitos disponíveis em sua estrutura cognitiva, assimilando-as à nova informação.

Dando continuidade aos estudos, os alunos discutiram em duplas a respeito do que conseguiram compreender através das simulações.

Logo após, pedimos para cada aluno anotar as informações, que para eles eram relevantes, sobre os resultados obtidos nas simulações.

Em um outro momento trabalhamos a parte conceitual do tema estudado, o que proporcionou aos alunos relacionar ou correlacionar conceitos ao estudo através das simulações. Os alunos tiveram a oportunidade de expor as suas opiniões e discutir em um momento de interação.

Os conceitos foram anotados no caderno, servindo de amparo nos próximos manuseios das simulações.

Dando sequência, trabalhamos com a simulação estudada utilizando um data show junto aos alunos com os seus aparelhos celulares.



Figura 5.6: Aplicação do produto educacional na turma do 1º ano D do ensino médio.

Nesse estudo, exploramos as variáveis para futuros cálculos. Após algumas discussões, os alunos reponderam questões direcionadas a resolução de cálculos. Para finalizar, corrigimos e discutimos as questões.

Enfim, encerramos o estudo dando a oportunidade aos alunos de manifestarem as suas opiniões sobre o aprendizado adquirido através do uso das simulações.

Nos 2º anos, a aplicação ocorreu em vinte aulas presenciais – três aulas semanais de 48 minutos cada aula – sendo sete aulas no 2º A, sete aulas no 2º B e sete aulas no 2º ano D.

Trabalhamos o conteúdo gás ideal, utilizando como instrumento de ensino aprendizagem o simulador “Gás Ideal” disponível no site SimuFísica.

Participaram da aplicação 74 alunos: 24 alunos do 2º A, 24 alunos do 2º ano B e 26 alunos do 2º ano D (Fig. 5.7).

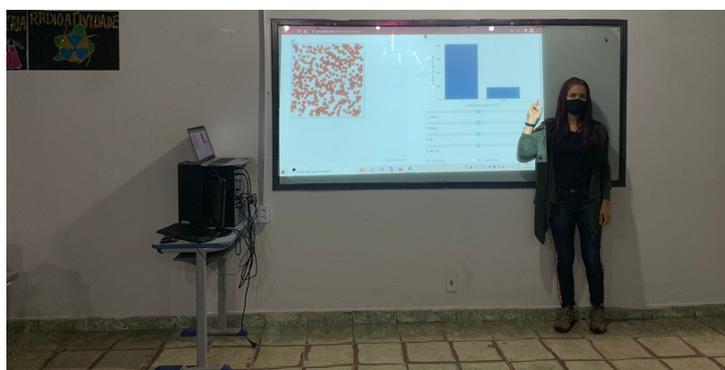


Figura 5.7: Aplicação do produto educacional em uma das turmas do 2º ano do ensino médio.

Já nos 3º anos a aplicação ocorreu em quatorze aulas presenciais – duas aulas semanais

de 48 minutos cada aula – sendo sete aulas no 3º A (Fig. 5.8) e sete aulas no 3º B (Fig. 5.9).



Figura 5.8: Aplicação do produto educacional na turma do 3º ano A do ensino médio.

Trabalhamos o conteúdo referente à energia elétrica utilizando como instrumento de ensino aprendizagem o simulador “Consumo de Energia Elétrica” disponível no site SimuFísica. Participaram da aplicação 60 alunos: 31 alunos do 3º A e 29 alunos do 3º ano B.



Figura 5.9: Aplicação do produto educacional na turma do 3º ano B do ensino médio.

Em todos os anos foram utilizados os mesmos métodos e procedimentos na aplicação do SimuFísica, obedecendo ao perfil de cada turma.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram obtidos através de três etapas respaldadas na teoria significativa de David Ausubel.

A primeira etapa foi realizada através de uma avaliação diagnóstica com o objetivo de identificar e verificar o conhecimento prévio de cada aluno, possibilitando-nos elaborar ações para atingir os objetivos esperados e suprir as necessidades. Essa avaliação ocorreu através do manuseio das variáveis disponíveis nas simulações trabalhadas em sala de aula, permitindo ao aluno trabalhar o seu conhecimento prévio. Nesse tipo de avaliação, o professor chega a

um diagnóstico conforme o conhecimento demonstrado por cada aluno no que diz respeito ao conteúdo a ser estudado.

A segunda etapa foi realizada através de uma avaliação formativa, sendo ela contínua e que envolve a construção do conhecimento, onde o aluno fornece subsídios que mostrem o aprendizado obtido e suas capacidades cognitivas para solucionar problemas. Essa forma de avaliação permite ao professor trabalhar estratégias e monitorar o progresso dos alunos, além de identificar quaisquer desafios que eles estejam enfrentando à medida que aprendem.

Podemos ressaltar que, para o professor, essa é a oportunidade de detectar a adequação do ensino ao aprendizado e repassar um *feedback* acertado ao aluno. Nessa etapa, conseguimos trabalhar a construção do conhecimento demonstrado pelos alunos que foram adquiridos através dos conhecimentos prévios, por conseguinte assimilando-os aos conceitos expostos em sala de aula.

Na terceira e última etapa, dando continuidade a avaliação formativa, foi realizada a aplicação de um questionário contendo sete questões (sendo 5 questões objetivas e 2 questões subjetivas) sobre a aplicabilidade do SimuFísica, como acessibilidade, desempenho, rapidez, visualidade e *design*, dentre outras funcionalidades. As respostas de alguns dos estudantes relativas às questões 1 e 2 podem ser encontradas no Anexo B.

O questionário foi respondido individualmente por cada aluno participante da aplicação. Os resultados obtidos através do questionário estão dispostos nas figuras abaixo.

Como podemos observar pelos resultados da Fig. 5.10, 48% dos alunos acreditam que o uso de simulações em sala de aula no ensino de física torna as aulas mais interessantes, contribuindo para um melhor aprendizado. Observa-se também que não houve nenhuma porcentagem que discordasse com a opinião da maioria.

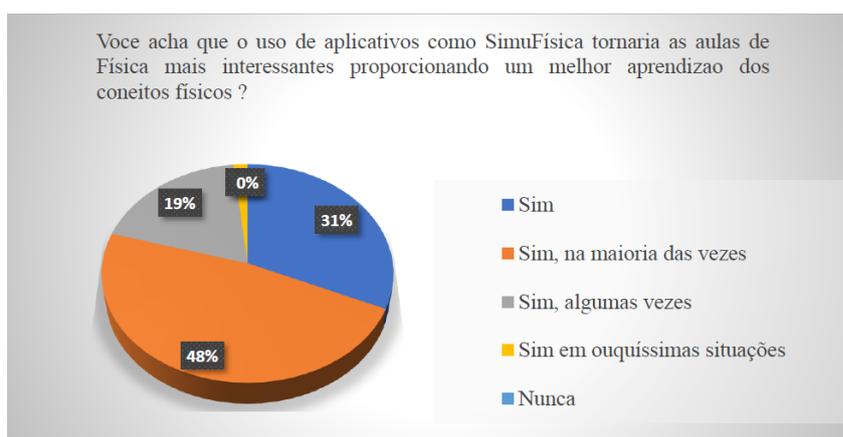


Figura 5.10: Resultado em porcentagem da questão 1.

Na Fig. 5.11 obtivemos um resultado favorável, já que 95% dos alunos tiveram acesso ao aplicativo SimuFísica. Os outros 5% não tiveram acesso por falta de conexão com a internet.

Como podemos observar nos resultados obtidos na Fig. 5.12, 63% dos alunos acessaram o SimuFísica através de computador ou notebook, seguido de 14% e 15% que acessaram através de smartphones.



Figura 5.11: Resultado em porcentagem da questão 2.

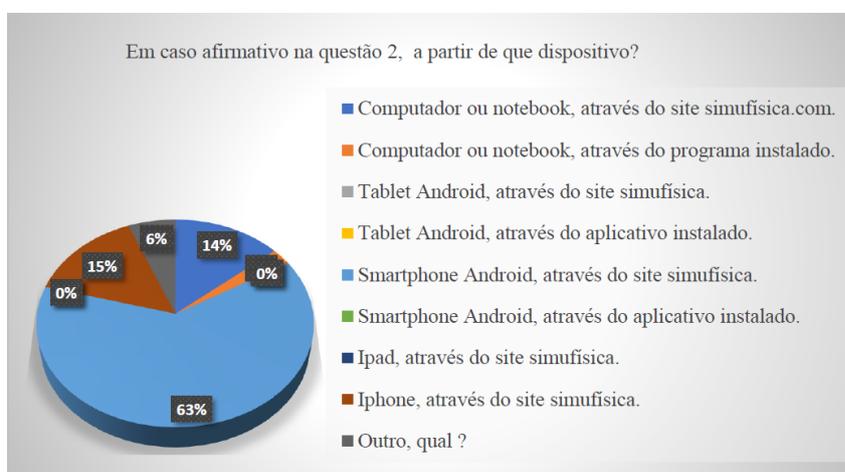


Figura 5.12: Resultado em porcentagem da questão 4.

O resultado obtido na Fig. 5.13 comprova o que foi discorrido no texto desta dissertação quando mencionamos alguns sites de simulações computacionais criados no Brasil. O resultado demonstrou que 100% dos alunos que responderam o questionário não acessaram outro aplicativo de simulação computacional.

Na Fig. 5.14 observamos opiniões variadas acerca dos resultados obtidos. Sobre as diversas formas na qual as aulas de Física podem ser ministradas, identificamos que 31% dos alunos consideram boas as aulas que envolvem uma combinação de exposição de conceitos teóricos, simulações computacionais e experimentos, seguido por 21% dos que consideram aulas que envolvem além de exposição de conceitos teóricos, uso de aplicativos de simulações computacionais.

Através das etapas realizadas, conseguimos trabalhar os conhecimentos prévios do aluno relacionando-os a uma nova ideia, permitindo-o ampliar e atualizar a informação anterior, atribuindo novos significados aos seus conhecimentos.

O resultado esperado foi atingido, proporcionando uma aprendizagem significativa através das simulações disponíveis no SimuFísica como instrumento de ensino-aprendizagem.



Figura 5.13: Resultado em porcentagem da questão 6.

Observamos que grande parte dos alunos não tinha conhecimento de sites que trabalham com simulações computacionais. Sendo assim, os alunos ficaram bastante interessados nos estudos que utilizariam simulações computacionais.

Enfim, a aplicação do SimuFísica proporcionou um estudo diferenciado, onde os alunos tiveram autonomia no manuseio das simulações, além de proporcionar interatividade e aprendizado.

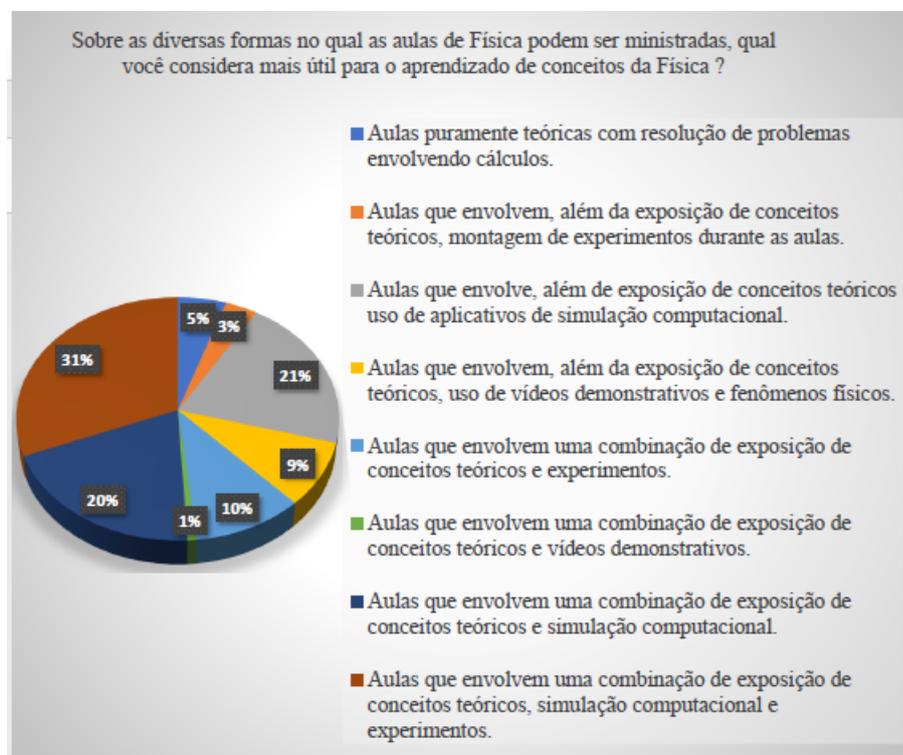


Figura 5.14: Resultado em porcentagem da questão 7.

6 CONCLUSÃO

A tecnologia, através dos seus inúmeros recursos disponíveis, tem sido utilizada como um instrumento promissor no processo de ensino-aprendizagem. No sistema educacional, a utilização dessas novas tecnologias tem alcançado resultados significativos, o que levou a uma reflexão sobre o ensino restrito ao modo tradicional, no qual o professor pressupõe ser o único dono do saber. Esse método de ensino sendo considerado “ultrapassado” sofreu uma modificação propícia no que tange à inserção dos meios digitais como proposta promissora no processo de ensino-aprendizagem.

Com isso, o professor, em busca de mudanças, teve que recorrer aos meios inovadores que envolveriam o uso da tecnologia e que permitiriam ao aluno uma melhor conexão com a ciência estudada. Uma proposta muito promissora é o uso das simulações computacionais, já que vem sendo aplicada por muitas instituições de ensino, com resultados além dos esperados.

A área de exatas é uma das áreas que mais se beneficia com o uso dessas novas tecnologias, pois permite ao aluno a participação ativa, que o leva a desenvolver habilidades e competências para construção do conhecimento científico.

Na física, por ser uma ciência baseada na experiência e na observação, é preciso salientar que as escolas de ensino médio nem sempre dispõem de laboratórios convencionais. O uso dessas novas tecnologias permite trabalhar conteúdos mais complexos, uma vez que as simulações computacionais admitem explicações em situações que seriam difíceis de demonstrá-las.

Além disso, no ensino de física, o uso de simuladores tem uma influência considerável no aprendizado, pois proporciona interação entre os alunos, permitindo, assim, que eles compreendam melhor os modelos físicos em um processo de construção e de análise do conhecimento científico.

A proposta desta dissertação foi explorar o conteúdo de energia estudado na Física utilizando simulações disponíveis na plataforma SimuFísica. Para isso, desenvolvemos um eBook voltado para o ensino de Física composto por roteiros de aulas baseadas em três simulações da plataforma. Esse produto educacional foi aplicado nos três anos do Novo Ensino Médio no turno matutino, da EEEFM Plácido de Castro.

Para obtenção e discussão dos resultados, trabalhamos três etapas, sendo elas avaliação diagnóstica, avaliação formativa e aplicação do questionário, conforme especificado no tópico resultados e discussões.

Os resultados obtidos foram expostos em forma de gráficos. Observamos que os resultados esperados foram atingidos, o que proporcionou uma aprendizagem significativa através do manuseio das simulações disponíveis no SimuFísica. Observamos também que grande parte dos alunos não tinha conhecimento de plataformas/sites que trabalham com simulações computacionais. Sendo assim, os alunos ficaram bastante interessados no estudo que utilizaria simulações computacionais.

O uso das simulações computacionais permitiu ao aluno trabalhar com grandezas físicas e observar resultados que decorrem de modificações dependentes de parâmetros e de condições

iniciais.

Finalizando, observamos que a aplicação do SimuFísica direcionou a um estudo diferenciado, onde os alunos tiveram autonomia no manuseio das simulações, além de proporcionar interatividade e aprendizado.

REFERÊNCIAS

- Ausubel, D. P. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. Editora Moraes, São Paulo.
- (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos*. Edições técnicas, Lisboa.
- Brasil (s.d.). *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – No. 9394/1996*.
- Campos, F. C. A., A. R. C e Rocha e G. H. B. Campos (1998). “Design Instrucional e Construtivismo: Em Busca de Modelos para o Desenvolvimento de Software”. Em: *IV Congresso RIBIE – Brasília*.
- Cardoso, S. O. O. e A. G. Dickman (2012). “Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico”. Em: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 29, pp. 891–934.
- Costa, R. C. (2020). “Uma estratégia de ensino diferenciada para o estudo de tópicos mo ensino de física moderna”. Diss. de maestr. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitoria da Conquista - MNPEF.
- Donley, Elizabeth A. et al. (2001). “Dynamics of collapsing and exploding Bose-Einstein condensates”. Em: *Nature* 412, pp. 295–299.
- França Ladeira, Cassia Ester de (2019). *Simulações Computacionais: um modelo simples para o resfriamento atômico*. Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Física, Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Física, Campus Ji-Paraná. URL: <http://www.marcopolo.unir.br/images/downloads/tcc/cassia-ester-de-franca-ladeira.pdf>.
- Halliday, David, Robert Resnick e Jearl Walker (2016). *Fundamentos de Física – Gravitação, Ondas e Termodinâmica*. LTC.
- Heckler, Valmir, Maria de Fátima Oliveira Saraiva e Kepler de Souza Oliveira Filho (2007). “Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica”. Em: *Rev. Bras. Ensino Fís.* 29, pp. 267–273.
- Jong, T. de et al. (1999). “The integration of computer simulation and learning support: An example from the physics domain of collisions”. Em: *Journal of Research in Science Teaching* 36, pp. 597–615.
- Junior, Jackson R. R. (2014). “Microcontrolador Arduino no ensino de Física: Proposta e aplicação de uma situação de aprendizagem sobre o tema Luz e Cor”. Diss. de maestr. UFSCar, São Carlos.
- Moreira, M. A. (2010). *Aprendizagem Significativa e Crítica*. Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre.
- Moreira, M. A. e E. A. S. Mansini (2006). *Aprendizagem Significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel*. Editora Centauro, São Paulo.
- Nussenzveig, Herch Moysés (2014). *Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor*. Blucher.
- Petitto, S. (2003). *Projetos de Trabalho em Informática: Desenvolvendo Competências*. Papirus.

- Santos, A. N. dos (2004). “Aplicação de simulações computacionais no ensino de física”. Diss. de maestr. Universidade Federal de Mato Grosso - MNPEF.
- Schneider, Wanderson Pereira (2017). “Uma Sequência Didática Para Cinemática Escalar, Usando Experimento E Simulação Computacional”. Diss. de maestr. Instituto Federal do Espírito Santo - MNPEF.
- Silva, J. R., J. S. Germano e R. S. Mariano (2011). “SimQuest – computational modeling tool for teaching physics”. Em: *Revista Brasileira de Ensino de Física* 33, p. 1508.

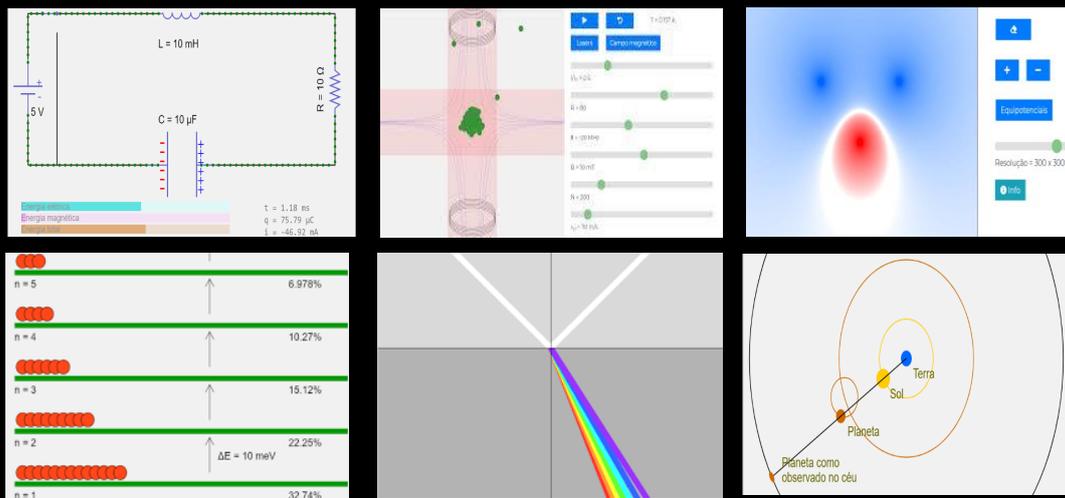
ANEXO A – PRODUTO EDUCACIONAL

Cristiane Mara Oliveira
Marco Polo Moreno Souza

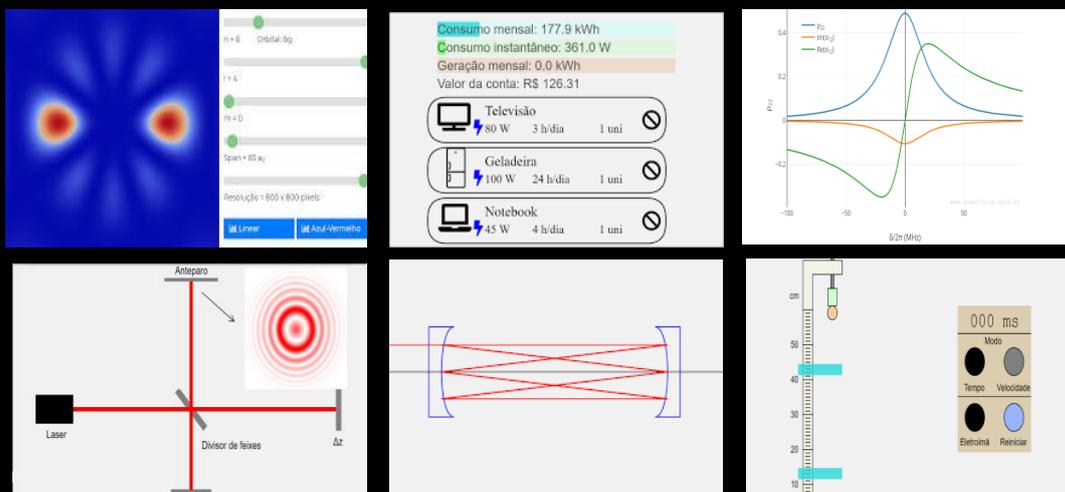


SimuFísica

Simulações Interativas



SimuFísica: o uso de simulações computacionais como proposta no processo de ensino sobre conceitos de energia no novo ensino médio



Uma proposta atrativa no ensino de Física

Copyright © 2022 Cristiane Mara Oliveira, Marco Polo Moreno de Souza

Licença de uso: CC BY-NC-ND

Todos os direitos reservados.

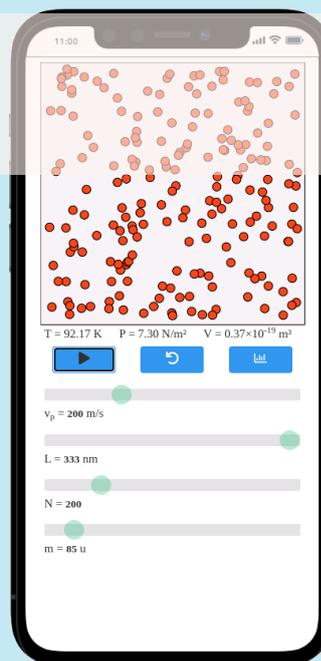
Art. No xxxxx

ISBN xxx-xx-xxxx-xx-x

Edição 1.0

Design da capa: Cristiane Mara Oliveira

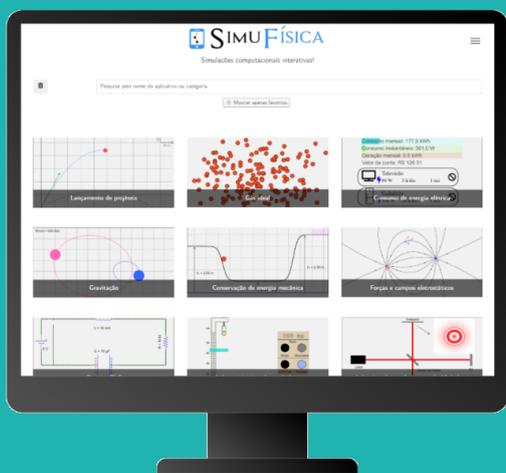
Sumário



1	Apresentação	5
2	O SimuFísica®	6
2.1	Introdução e visão geral	6
2.2	Seu funcionamento	8
2.3	Versões	8
2.4	Possibilidades em sala de aula	9
2.4.1	O espelhamento da plataforma	9
2.4.2	Apresentando dentro de um slide	11
2.4.3	Configuração prévia de parâmetros e de condições iniciais	13
3	Aplicativo Conservação de Energia Mecânica	15
3.1	Apresentação do aplicativo	15
3.2	Proposta de aula	17
3.2.1	O papel da energia no mundo atual	17
3.2.2	Energia: como defini-la	17
3.2.3	Tipos de energia	18
3.2.4	Conservação da energia	19
3.2.5	Dissipação de energia mecânica	19
3.3	Equações úteis	19
3.4	Problemas propostos	20
4	Aplicativo Gás Ideal	26
4.1	Apresentação do aplicativo	26

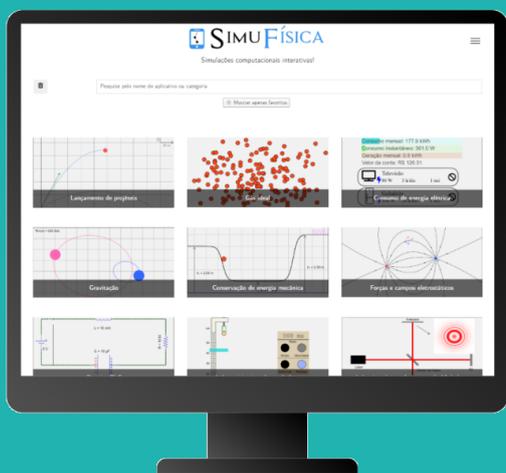
4.2	Proposta de aula	28
4.2.1	O Estado Gasoso	28
4.2.2	Teoria Cinética dos Gases	28
4.2.3	Transformações Gasosas	29
4.2.4	Equação de Clapeyron	29
4.2.5	Consolidação dos conhecimentos	30
4.3	Equações úteis	30
4.4	Problemas propostos	34
5	Consumo de energia elétrica	39
5.1	Apresentação do aplicativo	39
5.2	Proposta de aula	41
5.2.1	Potência elétrica de aparelhos domésticos	41
5.2.2	Potência elétrica, corrente e voltagem	42
5.2.3	Aparelhos no consumo elétrico residencial	42
5.2.4	O consumo de energia elétrica no Brasil	42
5.3	Equações úteis	43
5.4	Problemas propostos	43

1. Apresentação



O produto educacional é um conjunto de propostas que aborda tópicos relacionados ao conteúdo de energia estudado no ensino médio na disciplina de física. Esse produto foi desenvolvido na forma de um livro digital - eBook - composto por propostas de aplicação prática através do uso de simulações computacionais desenvolvidas e acessíveis no site : <http://www.simufisica.com> . Criado para auxiliar os docentes na prática do dia a dia, o e-book oferece um roteiro de aula para cada ano do ensino médio voltado para o conteúdo de energia. Cada roteiro será composto pela simulação desenvolvida para o conteúdo a ser estudado, sendo disponibilizados todos os procedimentos de manuseio de cada simulação através do site: <http://www.simufisica.com> . Enfim, além das simulações computacionais, constará no roteiro: os objetivos, justificativas, hipóteses, procedimentos e exercícios direcionados a cada conteúdo a ser estudado. A física envolvida é o objetivo principal de estudo.

2. O SimuFísica[®]



2.1	Introdução e visão geral	6
2.2	Seu funcionamento	8
2.3	Versões	8
2.4	Possibilidades em sala de aula	9
	2.4.1 O espelhamento da plataforma	
	2.4.2 Apresentando dentro de um slide	
	2.4.3 Configuração prévia de parâmetros e de condições iniciais	

O SimuFísica é uma plataforma de aplicativos de simulação computacional compatível com smartphones, tablets e computadores pessoais. Neste capítulo são apresentadas as potencialidades desta plataforma e de seu uso em sala de aula.

2.1 Introdução e visão geral

A plataforma SimuFísica¹, criada em meados de 2020 pelo professor da Universidade Federal de Rondônia Marco Polo Moreno de Souza e ainda em desenvolvimento, é uma coleção de aplicativos de simulação computacional para ensino de Física e de outras ciências, em nível de Ensino Médio e Superior. O SimuFísica[®] (Fig. 2.1) foi concebido para ser totalmente compatível com telas pequenas de smartphones e tablets, de forma que possa ser facilmente usada por alunos e professores em aulas de física teórica ou experimental. A compatibilidade dos aplicativos é praticamente universal: eles funcionam em sistemas Windows, MacOS, iPadOS, iOS, Android e Linux (diversas outras distros) via acesso online, através dos navegadores Safari, Firefox, Chrome, Edge, Opera e outros, bem como por download e instalação, nas versões offline.

Em geral, os aplicativos são compostos (ver Fig. 2.2):

- Pela simulação propriamente dita;
- Por parâmetros e condições iniciais que podem ser controlados por *sliders*;
- Por um gráfico que pode conter a evolução das variáveis dinâmicas; e

¹SimuFísica[®] é uma marca registrada. Pode ser acessada em <https://simufisica.com>.



Figura 2.1: A plataforma SimuFísica® na versão aplicativo offline no sistema operacional IpadOS.

- por uma barra de ferramentas onde é possível iniciar e pausar a simulação, acessar as informações do app, etc.

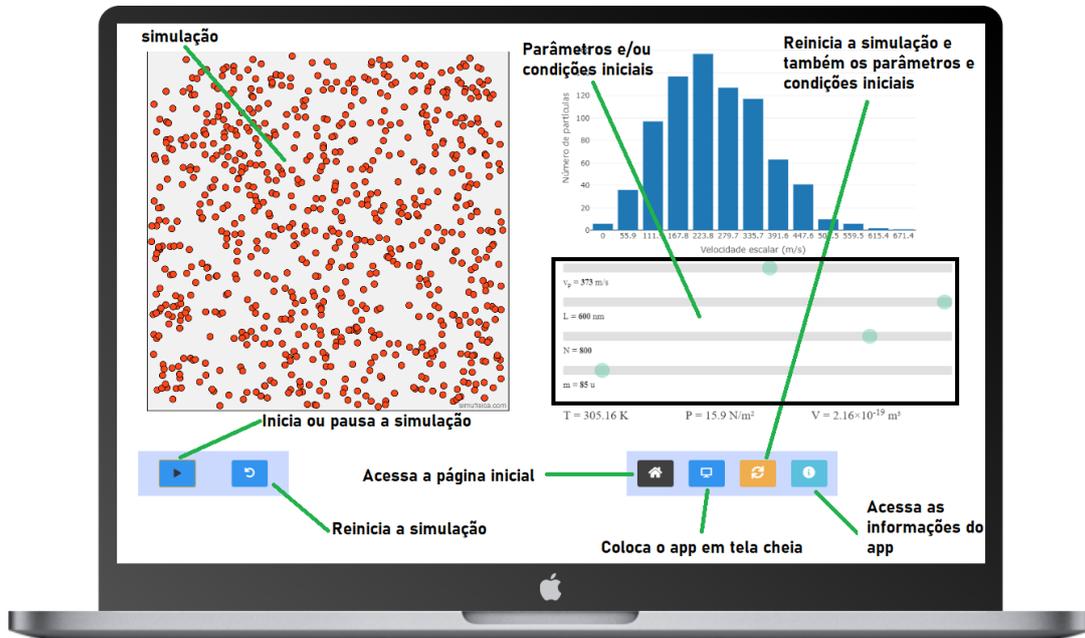


Figura 2.2: Aplicativo Gás ideal na versão MacOS em um Macbook com tela de 13 polegadas.

Os aplicativos do SimuFísica® são responsivos, o que significa dizer que eles se

ajustam ao tamanho da tela do dispositivo usado. Nas figuras 2.2 e 2.3 podemos ver o mesmo aplicativo – Gás ideal – em três dispositivos diferentes.

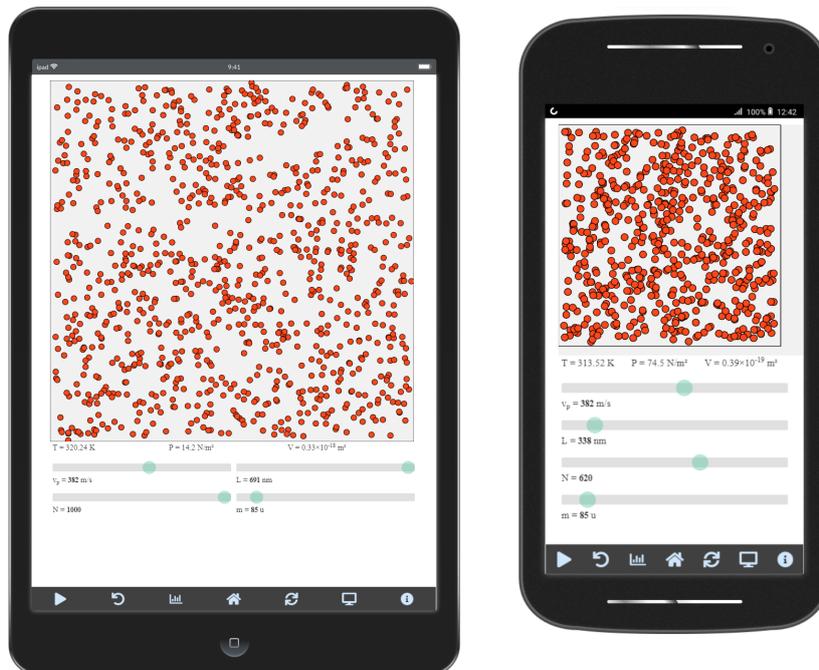


Figura 2.3: Aplicativo Gás ideal em um Ipad Air de 2ª geração (à esquerda) e em um smartphone MotoG também de 2ª geração (à direita).

2.2 Seu funcionamento

A maior parte dos aplicativos plataforma SimuFísica[®] são baseados em simulações computacionais, como o nome sugere. Isso quer dizer que as equações diferenciais ordinárias (EDOs) que governam a dinâmica do movimento são resolvidas numericamente em tempo real, geralmente pelo método de Runge-Kutta de quarta ordem. Cada atualização de um *frame* da simulação é precedida pela solução das EDOs usando várias unidades do passo de integração temporal h .

2.3 Versões

O SimuFísica[®] está disponível nas seguintes versões:

- Online: disponível através do endereço web <https://simufisica.com/>. Última versão: 1.6 (10/10/2022)

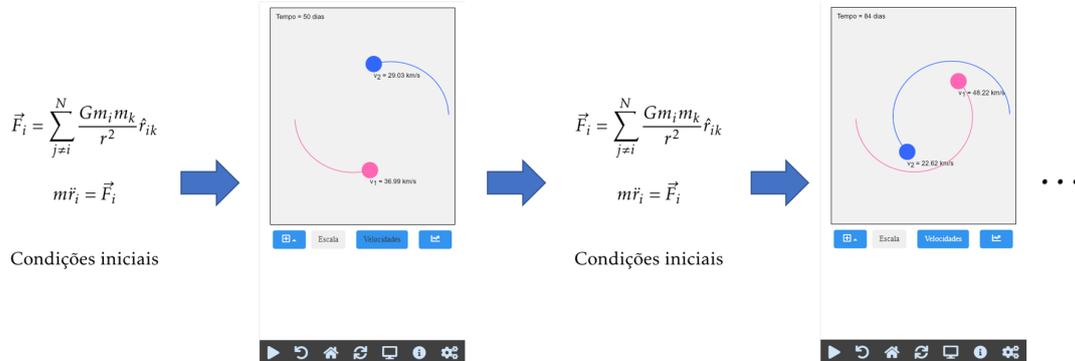


Figura 2.4: Ilustração do funcionamento da simulação do aplicativo “Gravitação”, onde cada *frame* é atualizado a partir da solução numérica de equações diferenciais.

- Aplicativo Android: disponível através do endereço web <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.simufisica>. Última versão: 1.1 (27/12/2021)
- Aplicativo Windows (x64). Última versão: 1.5 (27/09/2022)
- Aplicativo MacOS (arm64). Última versão: 1.5 (27/09/2022)
- Aplicativo Linux (.appImage, x64). Última versão: 1.5 (27/09/2022)
- Aplicativo Linux (.deb, x64). Última versão: 1.5 (27/09/2022)

Os aplicativos para desktop (Windows, MacOS e Linux) estão disponíveis em <https://simufisica.com/downloads>.

2.4 Possibilidades em sala de aula

2.4.1 O espelhamento da plataforma em projetores, smart TVs e outras telas grandes

O tempo gasto para ligar um computador e conectá-lo a um projetor (*datashow*) durante uma aula pode ser praticamente eliminado com o espelhamento das simulações do smartphone do professor direto no projetor. Para isso, basta que um pequeno dispositivo conhecido como “player de mídia digital” seja conectado ao projetor. Abaixo temos alguns exemplos desses dispositivos atualmente:

- Amazon Fire TV
- Apple TV
- Chromecast

- Roku Express

Outra possibilidade é o uso de um dispositivo HDMI sem fio, como o Wireless Display Adapter da Microsoft (funciona com computadores desktop e com alguns smartphones).

A configuração vai depender do tipo de sistema operacional do smartphone (iOS ou Android) e do player de mídia digital. Com um dispositivo iOS e uma Apple TV o processo é, além de simples, bastante fluido, mesmo se tratando de uma conexão sem fio. Se este for o caso, proceda como mostrado abaixo:

1. Conecte o Apple TV na porta HDMI do projetor;
2. No dispositivo iOS, deslize o dedo de baixo para cima para acessar a tela mostrada na Fig. 2.5(a);
3. Clique no botão indicado na Fig. 2.5(a);
4. Clique em “Apple TV” [Fig. 2.5(b)];

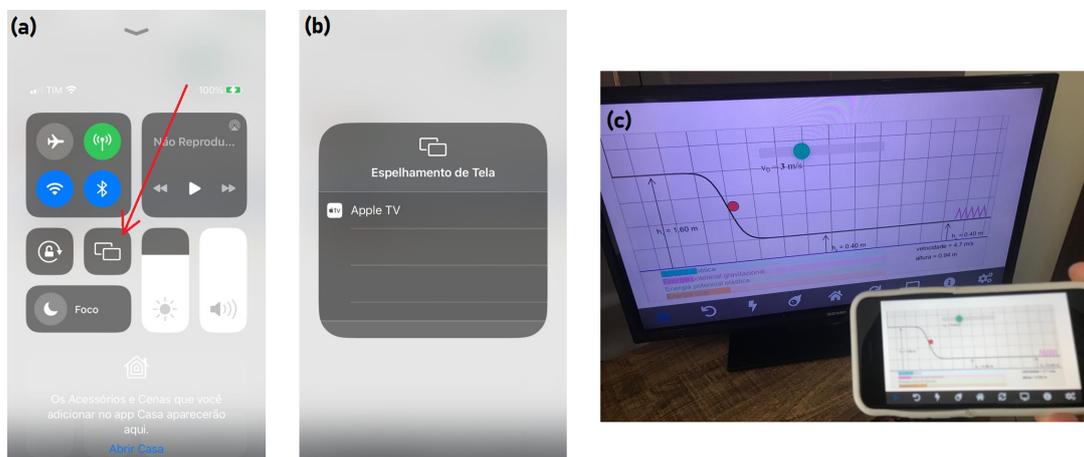


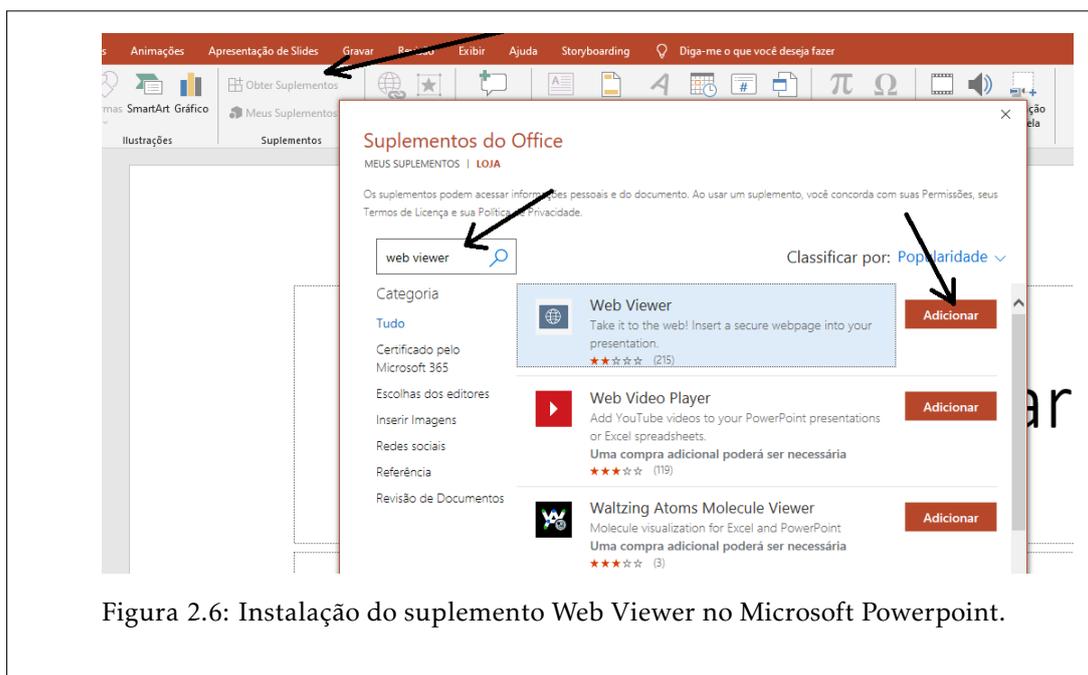
Figura 2.5: Espelhamento sem fio da tela de um iPhone com o SimuFísica[®] aberto em uma TV de 40”, por meio de uma Apple TV. Funciona da mesma forma em um retroprojetor (*datashow*).

Nem é preciso dizer que a projeção das simulações da tela do smartphone do professor direto para o retroprojetor abre muitas possibilidades para uma aula mais dinâmica. Além de ser uma projeção sem fio, o docente não precisa ficar sentado preso a um notebook para ministrar sua aula, podendo alternar rapidamente entre anotações no quadro branco e o manuseio da simulação através da tela do smartphone.

2.4.2 Apresentando dentro de um slide do PowerPoint

É muito comum a ministração de aulas através do Microsoft PowerPoint. Nesse sentido, a versão online do SimuFísica® pode ser apresentada direto do PowerPoint, evitando ter que sair da sua apresentação para ilustrar algum conceito ou fenômeno da Física. Isso é possível com o suplemento Web Viewer, podendo ser instalado e usado como mostrado nos passos abaixo e na Fig. 2.6 e 2.7.

1. Como o PowerPoint aberto, clique em Inserir → Obter Suplementos (versão 2016).
2. Na caixa de busca, digite web viewer e clique em Adicionar.



3. Com o Web Viewer instalado, basta inserir o endereço do aplicativo e clicar no botão Preview.

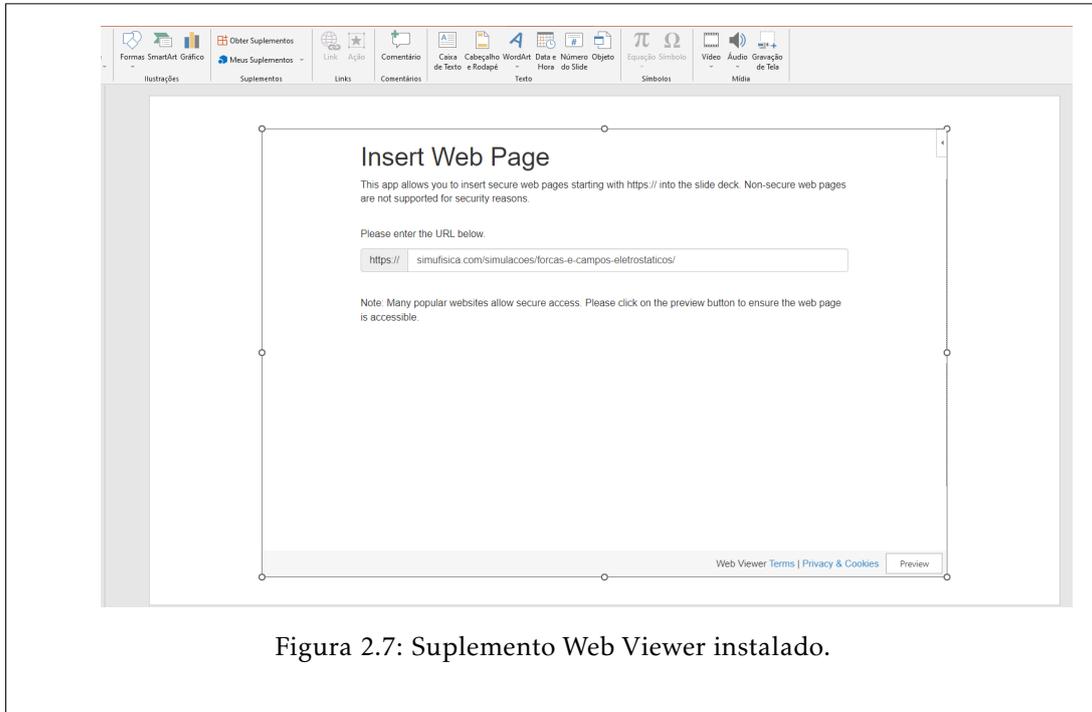


Figura 2.7: Suplemento Web Viewer instalado.

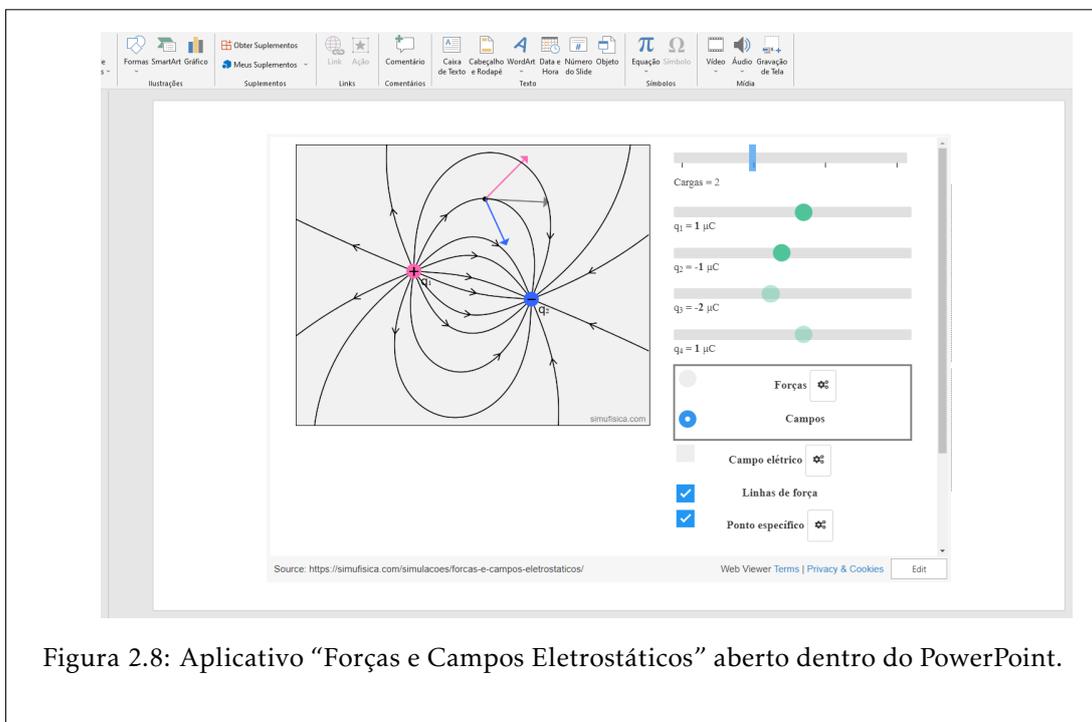


Figura 2.8: Aplicativo “Forças e Campos Eletrostáticos” aberto dentro do PowerPoint.

Dentro do PowerPoint, o aplicativo funciona como se estivesse aberto dentro de um navegador. A simulação pode ser realizada mesmo com o slide em tela cheia.

2.4.3 Configuração prévia de parâmetros e de condições iniciais

Vários aplicativos do SimuFísica® já vêm com algumas configurações padrão que podem ser acessadas rapidamente dentro de sala de aula a partir de um botão, como mostrado na figura abaixo.

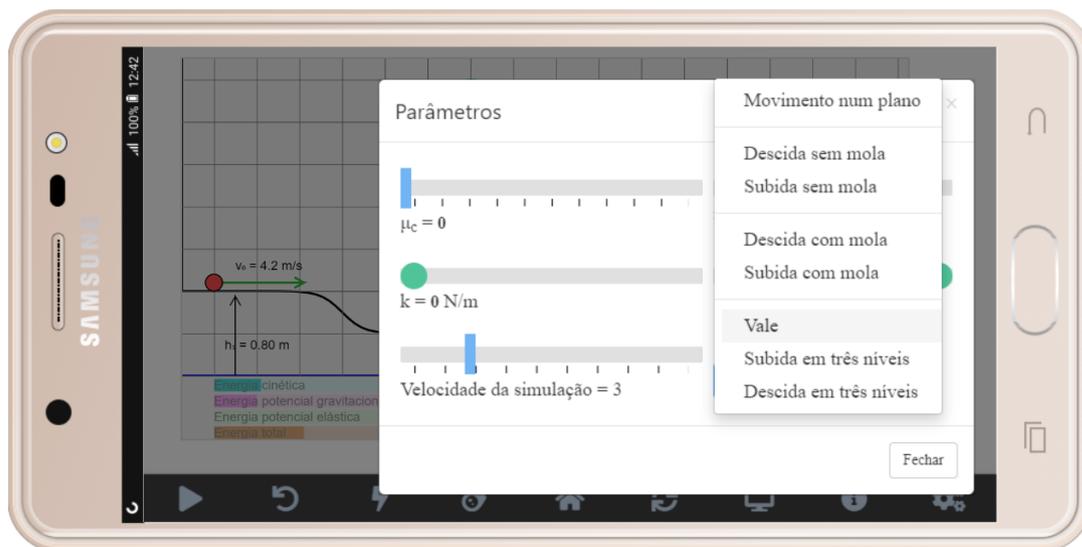


Figura 2.9: Lista de configurações padrão do aplicativo “Conservação de energia mecânica” rodando no smartphone Samsung Galaxy J7 Max.

Na versão online, entretanto, o professor pode criar qualquer outra configuração a partir da url do aplicativo, que pode ser editada. Para isso, comece montando qualquer configuração escolhendo os parâmetros e/ou as condições iniciais da simulação. É possível notar que a barra de endereço do navegador irá sofrer um acréscimo depois do ponto de interrogação final do link original. Basta salvar a url contida na barra de endereços do navegador, como mostrado na figura 2.10.

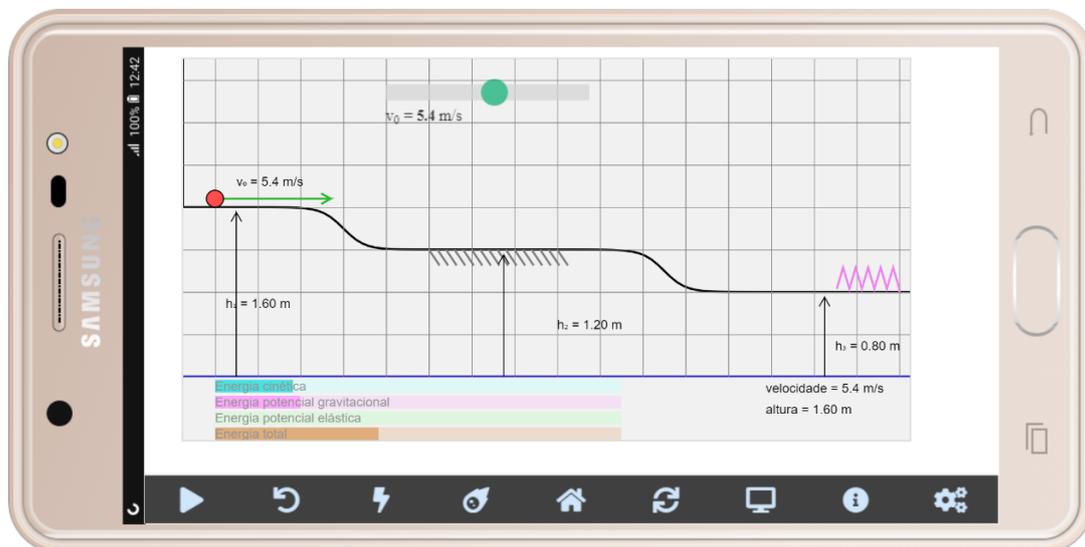
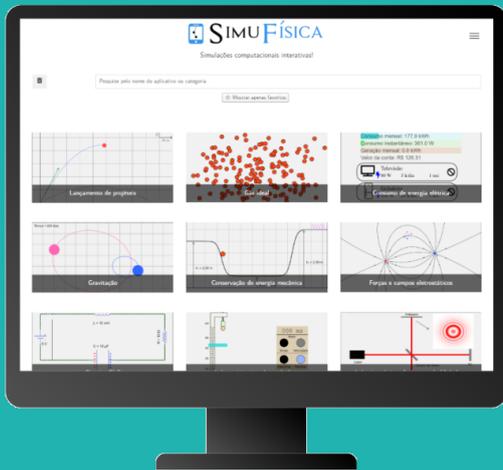


Figura 2.10: Aplicativo “Conservação de energia mecânica” rodando no smartphone Galaxy J7 Max. Essa configuração pode ser acessada pelo link <https://simufisica.com/simulacoes/conservacao-energia-mecanica/?v0=5.4&h1=160&h2=120&h3=80&ref=-10&mi=0.5&k=20>. Os caracteres após o ponto de interrogação do link indicam a configuração montada.

3. Aplicativo Conservação de Energia Mecânica



3.1	Apresentação do aplicativo	15
3.2	Proposta de aula	17
	3.2.1 O papel da energia no mundo atual	
	3.2.2 Energia: como defini-la	
	3.2.3 Tipos de energia	
	3.2.4 Conservação da energia	
	3.2.5 Dissipação de energia mecânica	
3.3	Equações úteis	19
3.4	Problemas propostos	20

Objetivos:

- *Compreender, de forma contextualizada, o conceito de energia e seu importante papel no mundo contemporâneo.*
- *Aprender de forma interativa, com o uso do SimuFísica®, a resolver problemas envolvendo a lei da conservação da energia mecânica.*

3.1 Apresentação do aplicativo

O objetivo deste aplicativo é ilustrar transformação entre diversos tipos de energia: energia cinética, energia potencial gravitacional e energia potencial elástica. Com esse intuito, o aplicativo simula o movimento de um objeto pontual com velocidade inicial v_0 e massa m através de um percurso unidimensional com variações de altura. Há também a presença de uma mola que segue a lei de Hooke e de uma região com atrito, para demonstrar a perda de energia mecânica por dissipação.

Observe abaixo uma imagem do aplicativo Conservação de Energia Mecânica na versão online para desktops:

Parâmetros e/ou condições iniciais que podem ser controlados

- Velocidade inicial v_0 e massa m do objeto (Fig. 3.2).
- Coeficiente de atrito cinético (ou dinâmico) μ_c (Fig. 3.2).
- Constante elástica k da mola (Fig. 3.2).
- Aceleração da gravidade g (Fig. 3.2).



Figura 3.1: Versão online 1.5 para desktops do aplicativo Conservação de Energia Mecânica.

- Altura (com relação à linha de referência azul) das três regiões: h_1 , h_2 e h_3 (Fig. 3.3).
- Altura da linha de referência para a energia potencial gravitacional (Fig. 3.3).

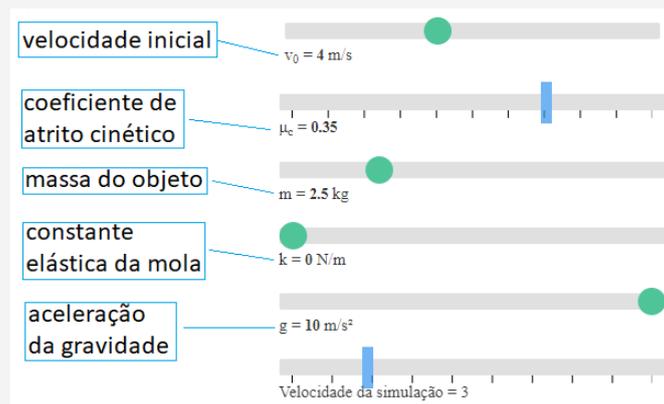
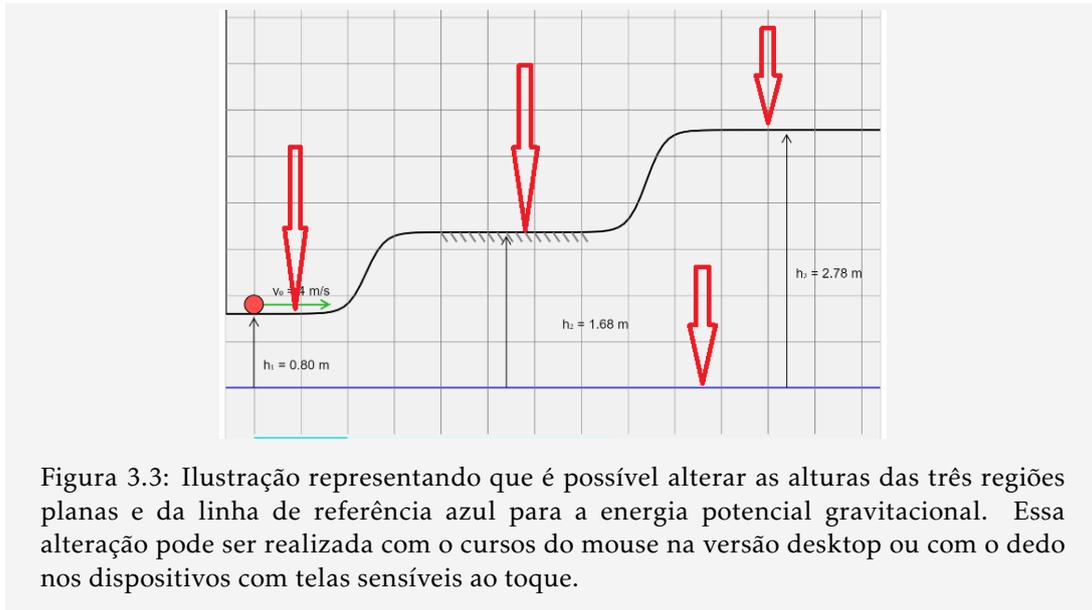


Figura 3.2: Painel de controle do aplicativo Conservação de Energia Mecânica.



3.2 Proposta de aula

3.2.1 O papel da energia no mundo atual

Comece explicando a imensa importância da energia no mundo atual. Alguns dos tópicos sobre os quais é possível falar:

- As matrizes energéticas dos países: nuclear, hidroelétrica, térmica, eólica, solar, etc. Quais os impactos ambientais? Quais seus pontos positivos e negativos?
- A matriz energética do Brasil: de onde vem a energia que usamos em nossas casas, em nossas indústrias e na agropecuária?
- Fontes de energia renováveis e não-renováveis.
- O papel das fontes de energia na geopolítica atual: guerra na Ucrânia, crise energética na Europa, o fim da energia nuclear na Alemanha, o preço do barril de petróleo e de outros combustíveis fósseis, etc.

3.2.2 Energia: como defini-la

Uma possibilidade para o professor chegar no conceito de energia junto com seus alunos é começar explicando onde a energia e suas transformações estão presentes ao nosso redor. Alguns exemplos que podem ser citados:

- A iluminação de nossas casas.

- O consumo de combustíveis e o movimento dos automóveis.
- Automóveis e acidentes de trânsito.
- Pilhas, baterias e os bancos de carga de smartphones.
- Funcionamento básico de uma usina hidroelétrica.
- Painéis solares e/ou usinas eólicas.

3.2.3 Tipos de energia

Nesse ponto da aula o professor deve sintetizar todos as formas de energia abordadas nos exemplos anteriores em dois tipos:

- Energia potencial – a energia “armazenada”.
- Energia cinética – a energia “do movimento”.
- Calor – a energia “em trânsito”.

Nesse ponto o professor deve usar o aplicativo do SimuFísica® Conservação de Energia Mecânica para explicar, de forma visual, as três formas de energia a serem abordadas na aula: energia cinética, energia potencial gravitacional e energia potencial elástica.

Como usar o aplicativo Conservação de Energia Mecânica para explicar os conceitos de energia e suas transformações – possibilidades:

1. Configure diferentes valores para a velocidade inicial e observe a altura máxima atingida pelo objeto. De que variável deve depender a energia cinética?
2. Com a mesma configuração do item anterior, mantenha uma mola com constante elástica fixa no ponto final da trajetória e, variando a massa do objeto, observe o que acontece com a mola. A energia cinética depende de outra variável/parâmetro?
3. Mantenha fixa a velocidade inicial do objeto e configure diferentes alturas iniciais para observar as velocidades atingidas no ponto mais baixo da trajetória. De que variável depende a energia potencial gravitacional?
4. Faça, se possível, outras variações no aplicativo para chegar nas dependências das energias em função de v , de m , de h (altura inicial), de k e de Δx (deformação da mola).

Nesse momento apresente algumas das fórmulas destacadas na seção 3.3.

3.2.4 Conservação da energia

A partir das discussões anteriores, enuncie a lei da conservação da energia.

3.2.5 Dissipação de energia mecânica

Esse tema pode ser introduzido a partir da eficiência dos motores a explosão dos automóveis. Comente sobre a eficiência real desses motores e como parte da energia é “desperdiçada”, isto é, não convertida em energia cinética.

Com o aplicativo aberto, faça o seguinte:

1. Configure uma situação simples como, por exemplo, um plano (as três regiões na mesma altura) e mostre o papel do atrito na diminuição da velocidade do objeto.
2. A partir da configuração inicial padrão do aplicativo, configure o coeficiente de atrito cinético em $\mu_c = 0.4$. Observe o objeto oscilar até parar. Discuta com os alunos “para onde foi” a energia cinética do objeto.

Por fim, mostre como calcular a energia dissipada por atrito a partir das últimas fórmulas apresentadas na seção 3.3.

3.3 Equações úteis

Energia cinética:

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

- m : massa do objeto
- v : velocidade do objeto

Energia potencial gravitacional:

$$E_g = mgh$$

- m : massa do objeto
- g : aceleração da gravidade
- h : altura

Energia potencial elástica:

$$E_e = \frac{kx^2}{2}$$

- k : constante elástica da mola
- x : deformação da mola a partir do seu ponto de repouso

Força de atrito:

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

- m : coeficiente de atrito
- N : força normal que o plano exerce no objeto

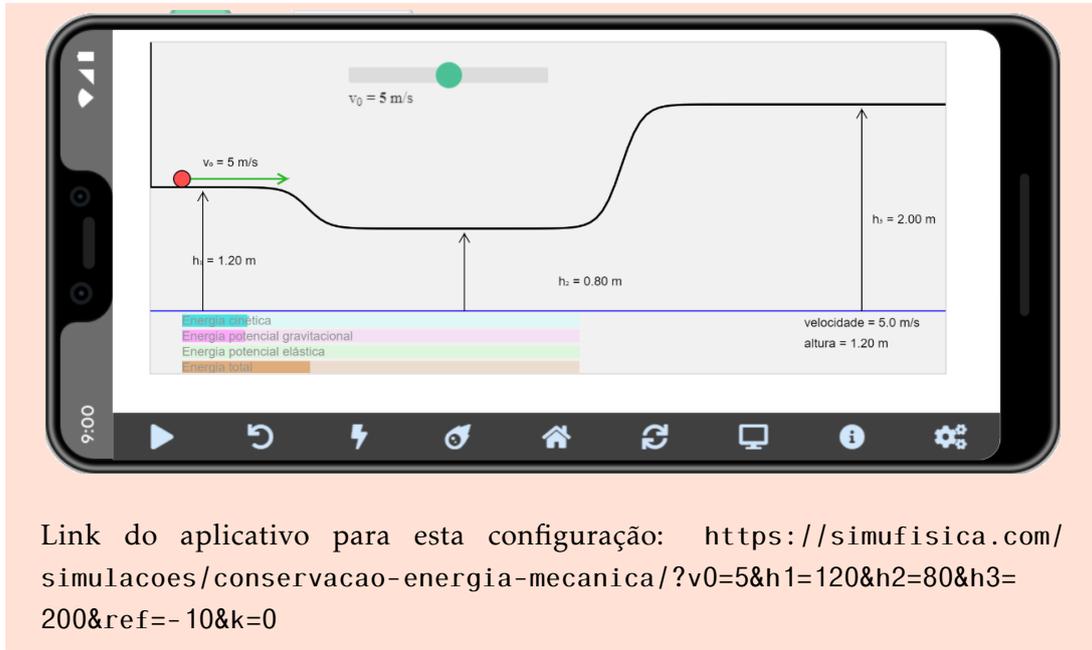
Trabalho:

$$W = F\Delta S$$

- F : força
- ΔS : deslocamento

3.4 Problemas propostos

Problema (Nível fácil) Na configuração da figura abaixo, onde o objeto de massa $m = 1$ kg é lançado com velocidade inicial de $v_0 = 5$ m/s, pergunta-se: com que velocidade ele chega no nível mais alto do seu percurso? Não há atrito em nenhum ponto da sua trajetória. Considere $g = 10$ m/s².



Solução:

Como não há atrito, sabemos que a energia mecânica se conserva. Basta então considerar que as energias inicial no ponto de partida (E_i) e em um certo ponto da trajetória mais alta (E_f) são iguais:

$$E_i = E_f$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh_1 = \frac{mv_f^2}{2} + mgh_3$$

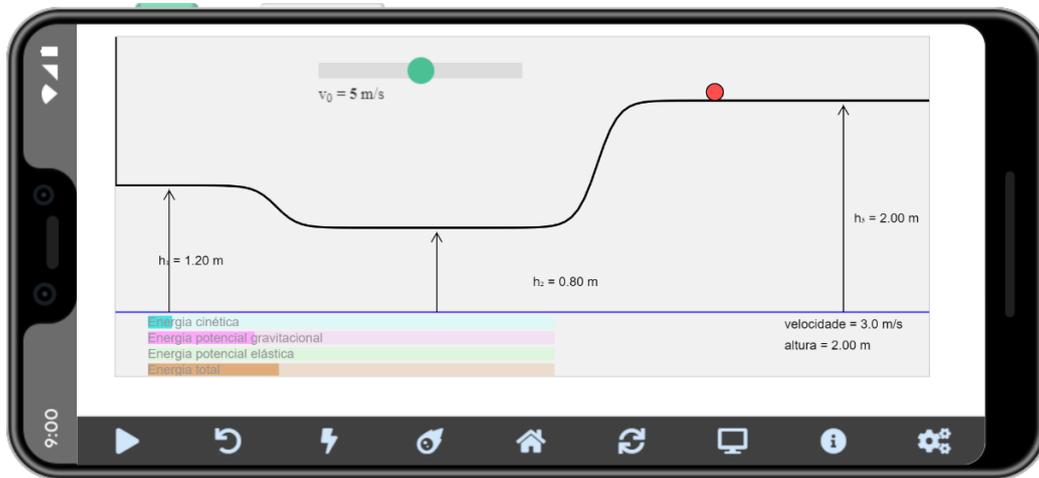
$$\frac{1 \times 5^2}{2} + 1 \times 10 \times 1.2 = \frac{1 \times v^2}{2} + 1 \times 10 \times 2$$

$$12,5 + 12 = \frac{v^2}{2} + 20$$

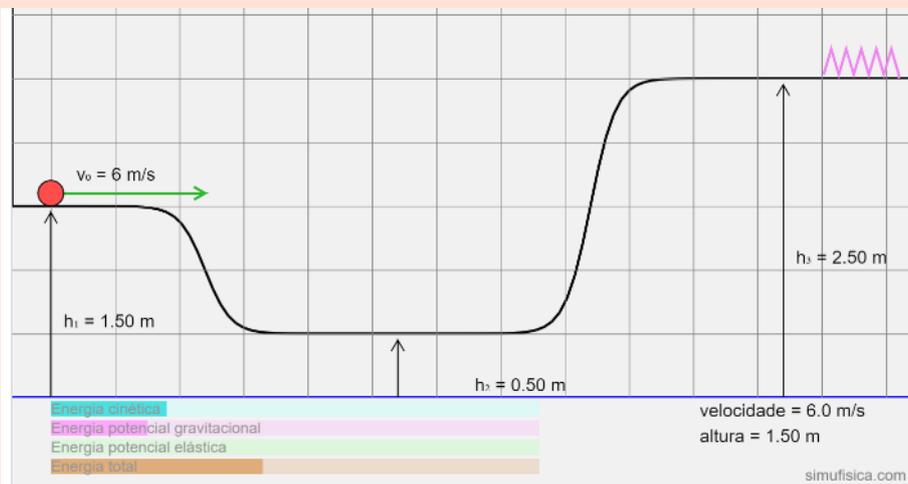
$$\frac{v^2}{2} = 24,5 - 20$$

$$v = \sqrt{9} = 3 \text{ m/s}$$

Resultado da simulação:



Problema (nível fácil) O objeto de massa 1 kg é lançado com velocidade de 6 m/s de uma altura de 1,5 m como ilustrado na simulação. O ponto mais alto da trajetória possui uma mola com constante elástica de 20 N/m. Qual é a deformação máxima apresentada pela mola ao ser atingida pelo objeto? Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$. Não há dissipação no sistema.



Link ao aplicativo para esta configuração: <https://simufisica.com/simulacoes/conservacao-energia-mecanica/?v0=6&h1=150&h2=50&h3=250&ref=0&k=20>

Solução:

Como não há dissipação, sabemos que a energia mecânica se conserva. Basta então considerar que as energias inicial no ponto de partida (E_i) e em um certo ponto da trajetória mais alta (E_f) são iguais:

$$E_i = E_f$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh_1 = \frac{kx^2}{2} + mgh_3$$

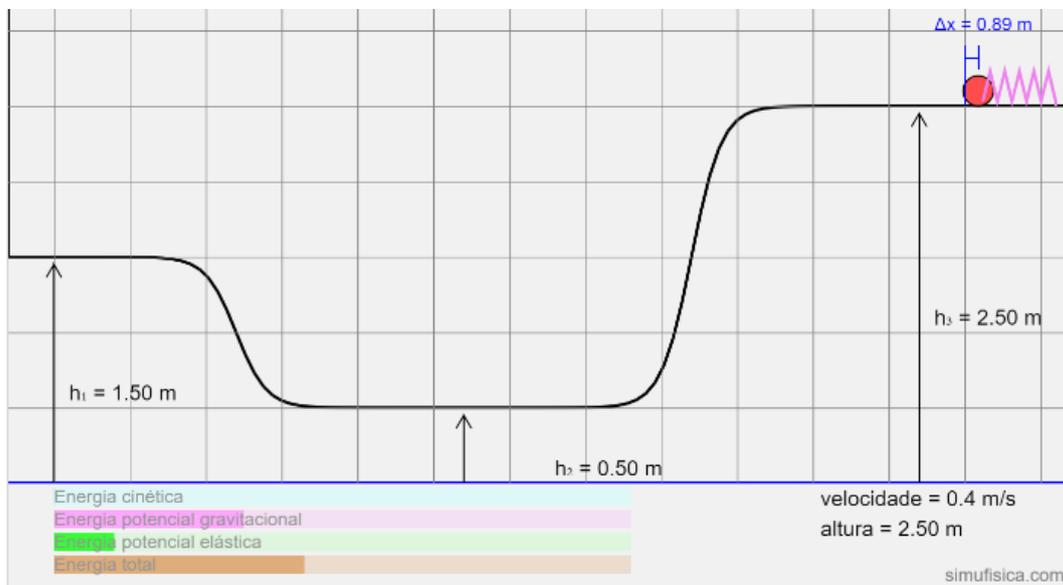
$$\frac{1 \times 6^2}{2} + 1 \times 10 \times 1,5 = \frac{20x^2}{2} + 1 \times 10 \times 2,5$$

$$18 + 15 = 10x^2 + 25$$

$$10x^2 = 33 - 25$$

$$x = \sqrt{0,8} \approx 0,89 \text{ m} = 89 \text{ cm}$$

Resultado da simulação:



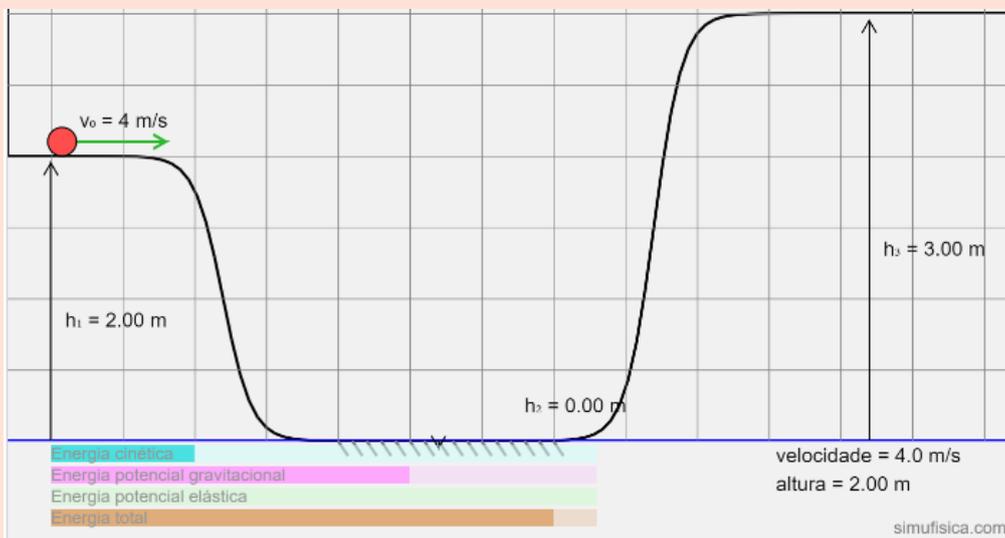
Configure a simulação na velocidade 1, para que seja fácil visualizar o ponto onde a deformação da mola é máxima. 

Problema (Nível médio) Na configuração da figura abaixo, o objeto de massa $m = 2,5 \text{ kg}$ é lançado com velocidade inicial de $v_0 = 4 \text{ m/s}$ de uma altura de 2

m em relação ao nível de referência. A região mais baixa possui um coeficiente de atrito cinético de 0,35. Pergunta-se:

- (a) O objeto consegue chegar no ponto mais alto, que está a uma altura de 3 m?
- (b) Em caso negativo no item (a), quantas vezes o objeto passa pela região que contém atrito até parar?

Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.



Link ao aplicativo para esta configuração: <https://simufisica.com/simulacoes/conservacao-energia-mecanica/?h1=200&h2=0&h3=300&ref=0&mi=0.35&v0=4&m=2.5>

Solução do item (a):

A ideia é verificar se a energia mecânica inicial abatida da energia dissipada por atrito na região mais baixa é maior do que a energia potencial gravitacional na região mais alta.

Cálculo da energia mecânica inicial (E_0) subtraída da energia dissipada por atrito (E_d):

$$E_i = E_0 - E_d$$

$$E_i = \frac{mv_0^2}{2} + mgh_1 - \mu_c mg\Delta S$$

$$E_i = \frac{2,5 \times 4^2}{2} + 2,5 \times 10 \times 2 - 0,35 \times 2,5 \times 10 \times 1,5$$

$$E_i \approx 20 + 50 - 13,12$$

$$E_i \approx 56,87 \text{ J}$$

Agora calculamos a energia potencial (E_p) no ponto mais alto:

$$E_p = mgh_3$$

$$E_p = 2,5 \times 10 \times 3$$

$$E_p = 75 \text{ J.}$$

Como a energia inicial é menor, o objeto não tem energia suficiente para chegar na parte mais alta.

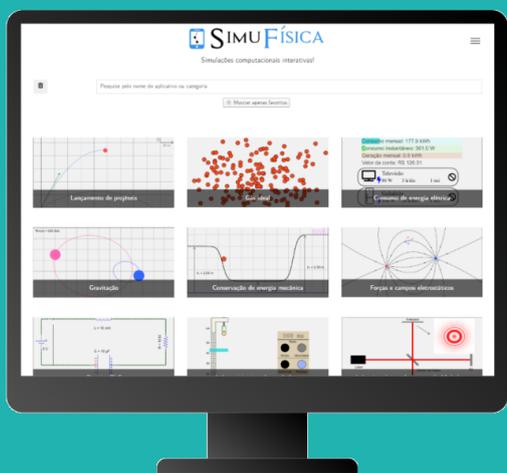
Solução do item (b):

Nesse caso, uma possibilidade de resolver esse problema é comparar a energia mecânica inicial com a energia dissipada por atrito. Uma razão entre essas duas quantidades vai nos dizer quantas vezes o objeto passa pela região mais baixa. Observe que essas duas energias já foram calculadas no item (a). Então, o número de vezes N é

$$N = \frac{70}{13,12} \approx 5,34$$

Assim, o objeto passa 6 vezes pela região mais baixa, sendo que na última vez o objeto completa apenas 34% da trajetória dentro da região com atrito.

4. Aplicativo Gás Ideal



4.1	Apresentação do aplicativo	26
4.2	Proposta de aula	28
	4.2.1 O Estado Gasoso	
	4.2.2 Teoria Cinética dos Gases	
	4.2.3 Transformações Gasosas	
	4.2.4 Equação de Clapeyron	
	4.2.5 Consolidação dos conhecimentos	
4.3	Equações úteis	30
4.4	Problemas propostos	34

Objetivos:

- Fazer conhecer o comportamento dos gases, as alterações de suas variáveis de estado e as leis experimentais relacionadas às transformações gasosas;
- Alcançar conhecimento significativo através da resolução de problemas envolvendo a lei dos gases ideais com o uso do aplicativo SimuFísica® Gás Ideal.

4.1 Apresentação do aplicativo

Esse aplicativo tem por finalidade ilustrar como as variáveis de estado influenciam no comportamento de um gás. Ele simula a dinâmica de um gás ideal (não interagente) dentro de uma caixa cúbica de aresta L . Os cálculos da simulação levam em conta uma caixa cúbica (portanto tridimensional), mas apenas as projeções das posições das partículas no plano xy (a plano da tela do aplicativo) são mostradas.

Observe na Fig. 4.1 uma imagem do aplicativo Gás Ideal na versão online para desktops.

Quando o botão Iniciar é clicado, as partículas tendem a preencher todo o recipiente com velocidades dadas de forma aproximada pela distribuição de velocidades de Maxwell-Boltzmann (quanto maior o número de partículas N , mais próximo dessa distribuição as velocidades das partículas estarão).

As variáveis de estado são calculadas da seguinte forma:

- Temperatura: está relacionada com a soma dos quadrados das velocidades das partículas, de acordo com a teoria cinética dos gases;

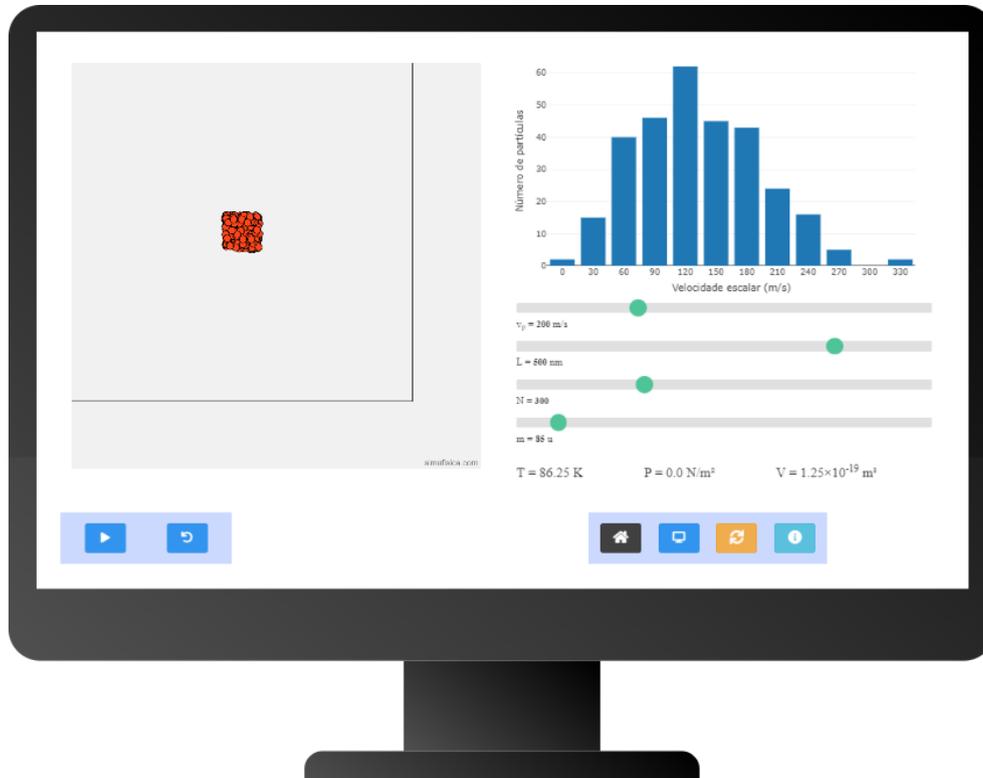


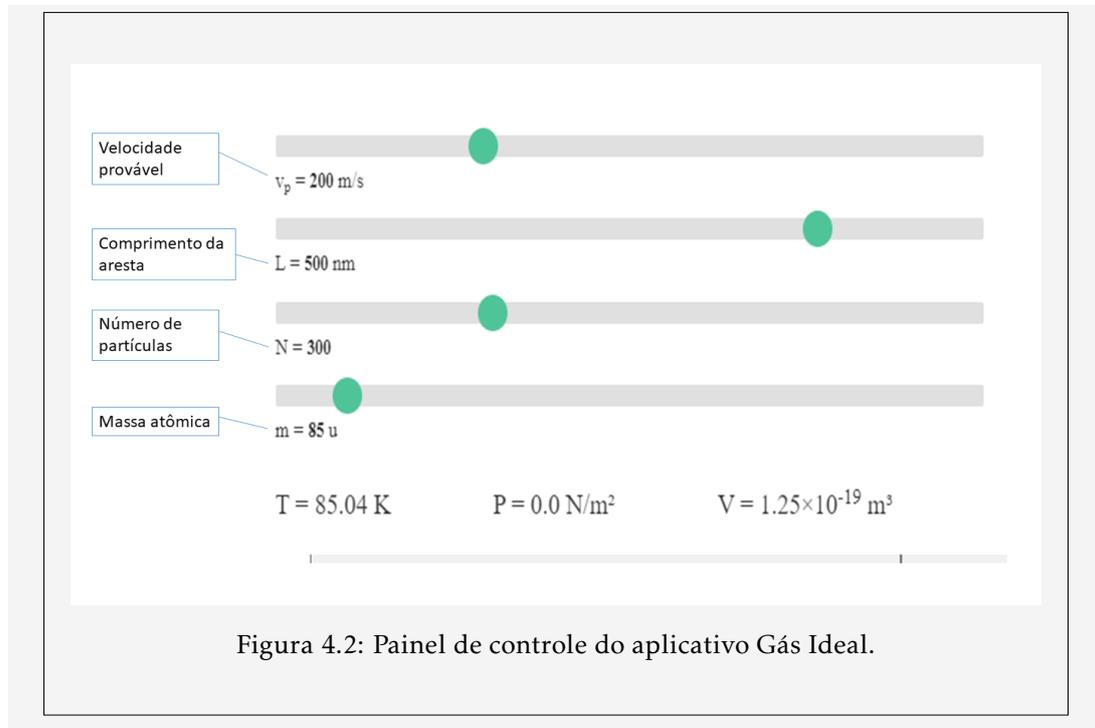
Figura 4.1: Versão online 1.5 do aplicativo Gás Ideal.

- Pressão: é calculada em tempo real pela soma de todas as pressões exercidas por cada partícula nas faces do recipiente;
- Volume: é dado pelo cubo da aresta L .

Como as colisões com as faces do recipiente são consideradas perfeitamente elásticas, não há alterações nos módulos das velocidades das partículas conforme a simulação é realizada. É preciso destacar que, pelo fato de a pressão ser calculada em tempo real e com uma quantidade muito pequena de partículas quando comparamos com o número de Avogadro, há uma flutuação considerável na pressão P do gás.

Parâmetros e/ou condições iniciais que podem ser controlados

- Velocidade mais provável v_p das partículas
- Comprimento da aresta L do cubo
- Número de partículas N
- Massa atômica m das partículas



4.2 Proposta de aula

4.2.1 O Estado Gasoso

Comece explicando os estados físicos da matéria e conseqüentemente as propriedades da matéria no estado gasoso. Alguns tópicos que podem ser trabalhados:

- Formação das moléculas nos três estados físicos;
- Características da matéria no estado gasoso;
- Grandezas que caracterizam um gás (variáveis de estado): pressão P , volume V e temperatura T ;
- Como ocorre a transformação gasosa.

4.2.2 Teoria Cinética dos Gases

O professor poderá dar início explicando as causas que podem alterar o estado de movimento de um corpo revisando as três leis de Newton. Alguns tópicos que podem ser trabalhados:

- Os gases são constituídos por um número extremamente grande de partículas (átomos ou moléculas);
- Movimentos das moléculas de um gás: direção, velocidade, espaço e volume.

4.2.3 Transformações Gasosas

Nessa aula, o professor deve iniciar trabalhando os conhecimentos prévios adquiridos nos tópicos anteriores onde ele abordou transformações gasosas. Dando sequência, o professor poderá trabalhar os seguintes tópicos:

- Introdução aos tipos de transformações gasosas;
- Temperatura, pressão e volume nas transformações gasosas.

4.2.4 Equação de Clapeyron ou equação de estado de um gás ideal

Essa aula envolve as variáveis que caracterizam um gás. O professor deve trabalhar a equação de estado de um gás ideal com o uso do aplicativo SimuFísica® “Gás Ideal”. Dessa maneira, o professor poderá explicar de forma visual e prática a dependência entre as variáveis. Tópicos a serem abordados:

- Introdução aos tipos de transformações gasosas;
- Temperatura, pressão e volume nas transformações gasosas.

Como usar o aplicativo para explicar o conceito de gás ideal e suas transformações – possibilidades:

1. Configure diferentes valores para a velocidade mais provável, podendo com esse parâmetro regular de forma aproximada a temperatura do gás. Qual a relação entre a velocidade das moléculas e a temperatura de um gás?
2. Mantendo a configuração do item anterior, pode-se ajustar as variáveis comprimento da aresta do recipiente cúbico, o número de partículas do gás e a massa atômica das moléculas desse gás. Qual a relação entre o comprimento da aresta e o volume do recipiente cúbico?
3. Configure diferentes valores para as variáveis disponíveis no simulador Gás Ideal. Quais as variáveis que influenciam na variação da pressão de um gás?

4.2.5 Consolidação dos conhecimentos

Para finalizar esse conteúdo, o professor poderá fazer algumas perguntas para identificar a construção do novo conhecimento. Em seguida, os alunos devem resolver alguns problemas com o uso do aplicativo SimuFísica® Gás Ideal.

Sugestão de perguntas:

- Qual a relação entre pressão, volume e temperatura nos tipos de transformações gasosas?
- Porque não é interessante calibrar os pneus após percorrer grandes distâncias?
- Qual é o agente responsável pela flutuação dos grandes balões?
- Questões sobre as leis de Boyle Mariotte, Charles e Gay-Lussac, e o zero absoluto.

4.3 Equações úteis

Transformação isotérmica:

$$PV = k$$

$$P_A V_A = P_B V_B$$

- P : pressão exercida pelo gás
- V : volume do gás
- k : constante de temperatura
- A e B : estados do gás

Representação gráfica:

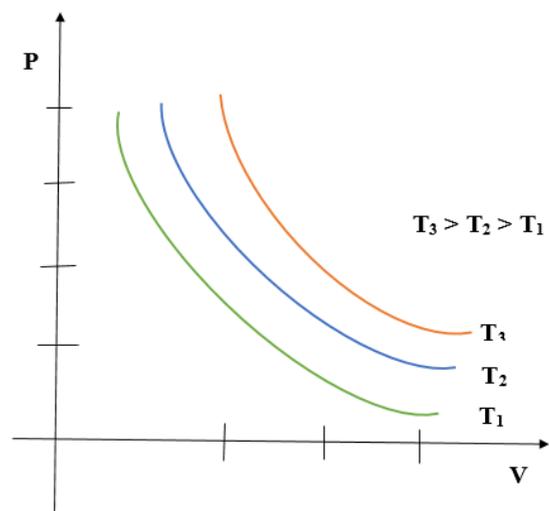


Figura 4.3: Representação de uma transformação isotérmica.

Transformação isobárica:

$$V = kT$$

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$$

- V : volume ocupado pelo gás
- T : temperatura do gás
- k : constante de pressão

Representação gráfica:

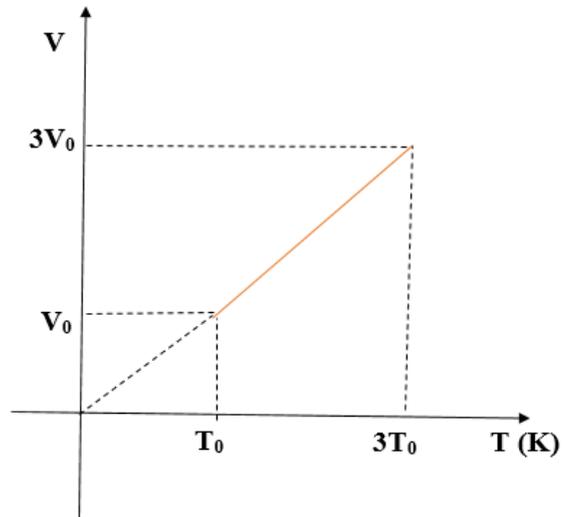


Figura 4.4: Representação de uma transformação isobárica.

Transformação isovolumétrica:

$$P = kT$$

$$\frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B}$$

- P : pressão exercida pelo gás
- T : temperatura do gás
- k : constante de volume

Representação gráfica:

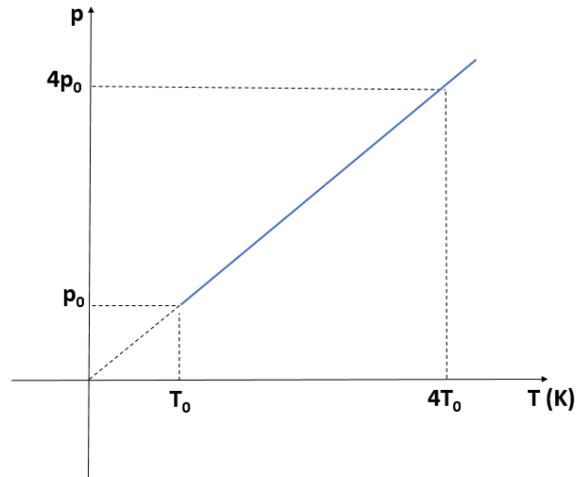


Figura 4.5: Representação de uma transformação isovolumétrica.

Representação do gráfico zero absoluto:

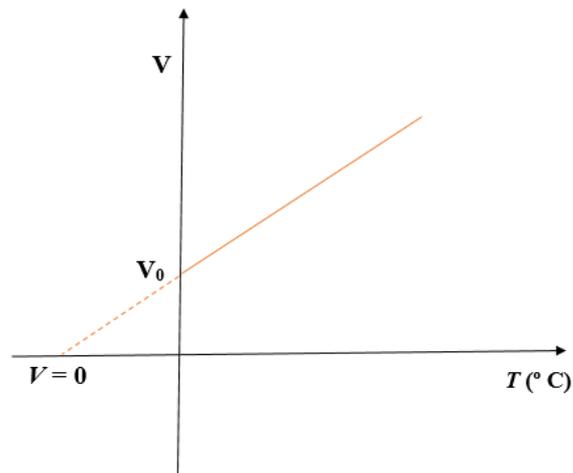


Figura 4.6: A variação do volume de determinada massa gasosa é linear em função da temperatura, sob pressão constante.

Equação de Clapeyron:

$$PV = Nk_B T$$

- P : pressão exercida pelo gás
- V : volume ocupado pelo gás

- N : quantidade de partículas (moléculas)
- k_B : constante de Boltzmann, que corresponde a $1,38 \times 10^{-23}$ J/K
- T : temperatura do gás

Lei geral dos gases ideais:

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B}$$

4.4 Problemas propostos

Problema Considere dois recipientes fechados à temperatura de 100 K e volume de $1,25 \times 10^{-19}$ m³. O primeiro recipiente contém 50 partículas com massa 93u e o segundo recipiente contém 500 partículas com massa de 98u.

(a) Qual a pressão exercida pelas partículas do gás do primeiro recipiente?

(b) Qual a pressão exercida pelas partículas do gás no segundo recipiente?

Link do aplicativo para a configuração do item (a): <https://simufisica.com/simulacoes/gas-ideal/?N=50&m=93&vp=214>

Link do aplicativo para a configuração do item (b): <https://simufisica.com/simulacoes/gas-ideal/?N=500&m=98&vp=208>

Solução do item (a):

Cálculo da pressão:

$$PV = Nk_B T$$

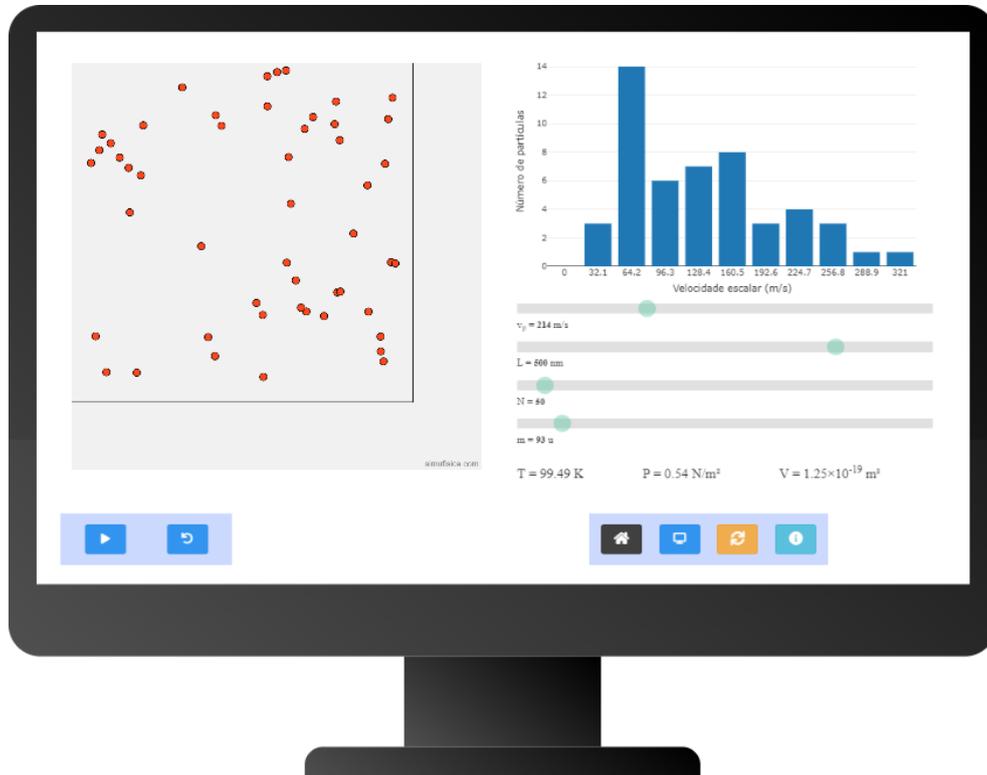
$$P \times 1,25 \times 10^{-19} = 50 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 100$$

$$P = \frac{50 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 100}{1,25 \times 10^{-19}}$$

$$P = 5000 \times 1,104 \times 10^{-4}$$

$$P = 5520 \times 10^{-4} \approx 0,55 \text{ N/m}^2.$$

Resultado da simulação:



Solução do item (b):
Cálculo da pressão:

$$PV = NK_B T$$

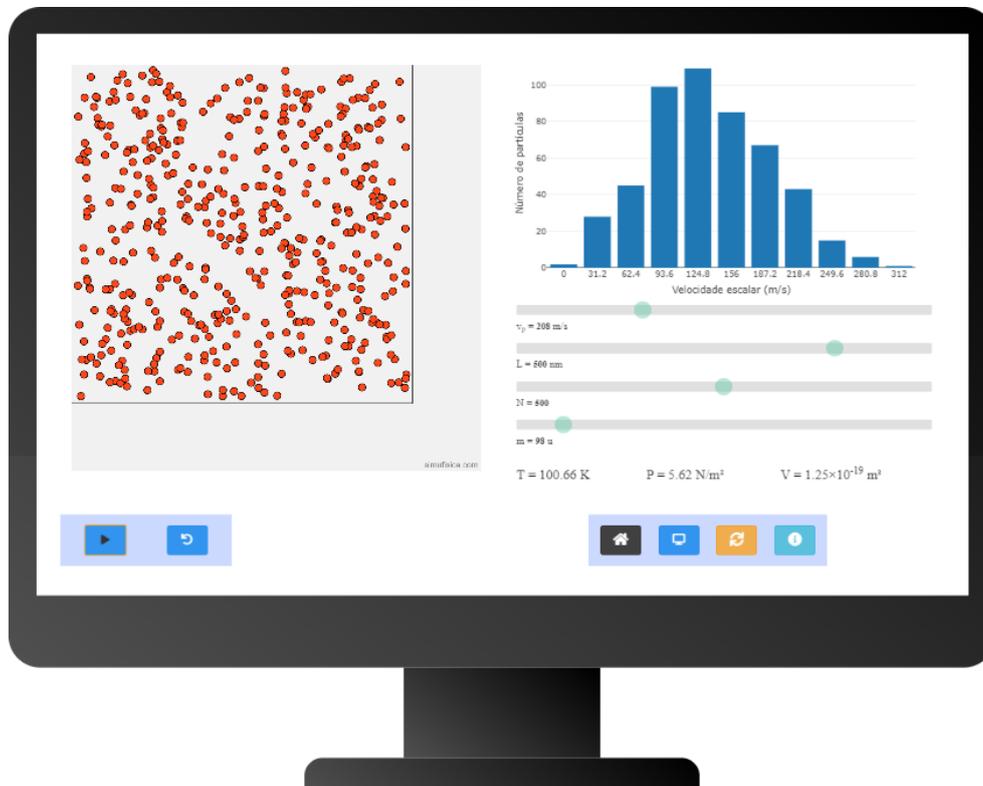
$$P \times 1,25 \times 10^{-19} = 500 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 100$$

$$P = \frac{500 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 100}{1,25 \cdot 10^{-19}}$$

$$P = 50000 \times 1,104 \times 10^{-4}$$

$$P = 55200 \times 10^{-4} = 5,52 \text{ N/m}^2.$$

Resultado da simulação:



Problema Um recipiente fechado contém 1000 partículas de um certo gás. Esse recipiente possui temperatura constante de 150 K e volume de $1,5 \times 10^{-20} \text{ m}^3$.

- Qual a pressão exercida pelas partículas desse gás?
- Dobrando o volume do recipiente, qual será a pressão exercida pelas partículas desse gás?

Link do aplicativo para essa configuração: <https://simufisica.com/simulacoes/gas-ideal/?N=1000&vp=263&L=247>

Solução do item (a):

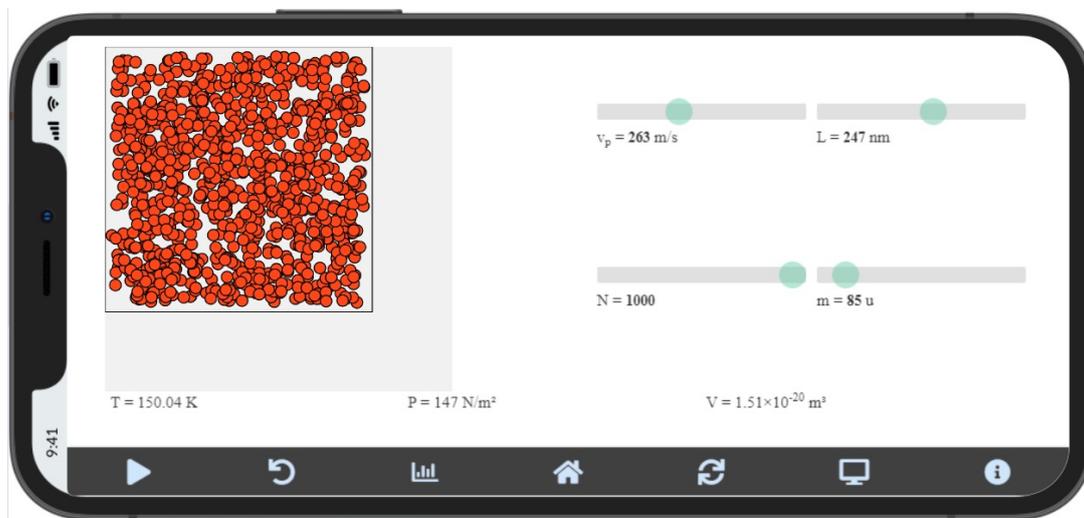
$$PV = NK_B T$$

$$P \times 1,5 \times 10^{-20} \text{ m}^3 = 1000 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 150$$

$$P = \frac{2,07 \times 10^{-17}}{1,5 \times 10^{-20}}$$

$$P = 138 \text{ N/m}^2.$$

Resultado da simulação:



Solução do item (b):

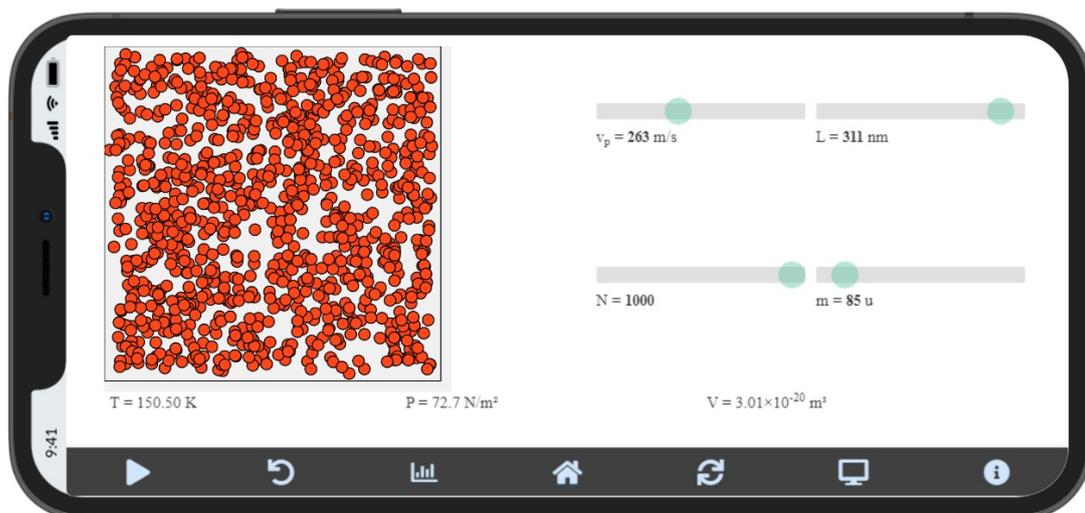
$$P_A V_A = P_B V_B$$

$$138 \times 1,5 \times 10^{-20} = P_B \times 3 \times 10^{-20}$$

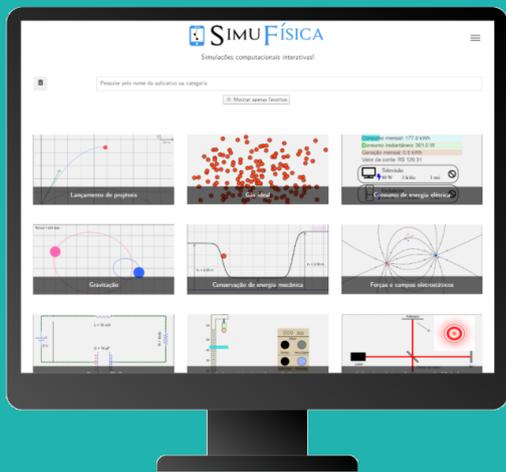
$$P_B = \frac{138 \times 1,5}{3}$$

$$P_B = 69 \text{ N/m}^2.$$

Resultado da simulação:



5. Consumo de energia elétrica



5.1	Apresentação do aplicativo	39
5.2	Proposta de aula	41
	5.2.1	Potência elétrica de aparelhos domésticos
	5.2.2	Potência elétrica, corrente e voltagem
	5.2.3	Aparelhos no consumo elétrico residencial
	5.2.4	O consumo de energia elétrica no Brasil
5.3	Equações úteis	43
5.4	Problemas propostos	43

Objetivos:

- Conhecer os tipos de fontes de energia elétrica e suas transformações;
- Identificar quais aparelhos domésticos que mais contribuem para o consumo de energia elétrica;
- Conhecer as variáveis que envolvem o cálculo do consumo de energia elétrica residencial;
- Alcançar conhecimento significativo através da resolução de problemas envolvendo cálculos de consumo de energia elétrica residencial com o uso do aplicativo SimuFísica® Consumo de energia elétrica.

5.1 Apresentação do aplicativo

Este aplicativo realiza o cálculo de consumo de energia elétrica residencial. O cálculo leva em conta a bandeira tarifária e a taxa de iluminação pública. Os valores das bandeiras tarifárias variam de tempos em tempos, conforme determina a ANEEL. Há ainda os impostos federais e estaduais a serem incididos sobre o valor adicional da bandeira tarifária. O valor da taxa de iluminação pública varia de município para município.

Observe na Fig. 5.1 uma imagem do aplicativo Consumo de Energia Elétrica na versão desktop online:

Parâmetros e/ou condições iniciais que podem ser controlados

- Preço do kWh (já incluindo os impostos)

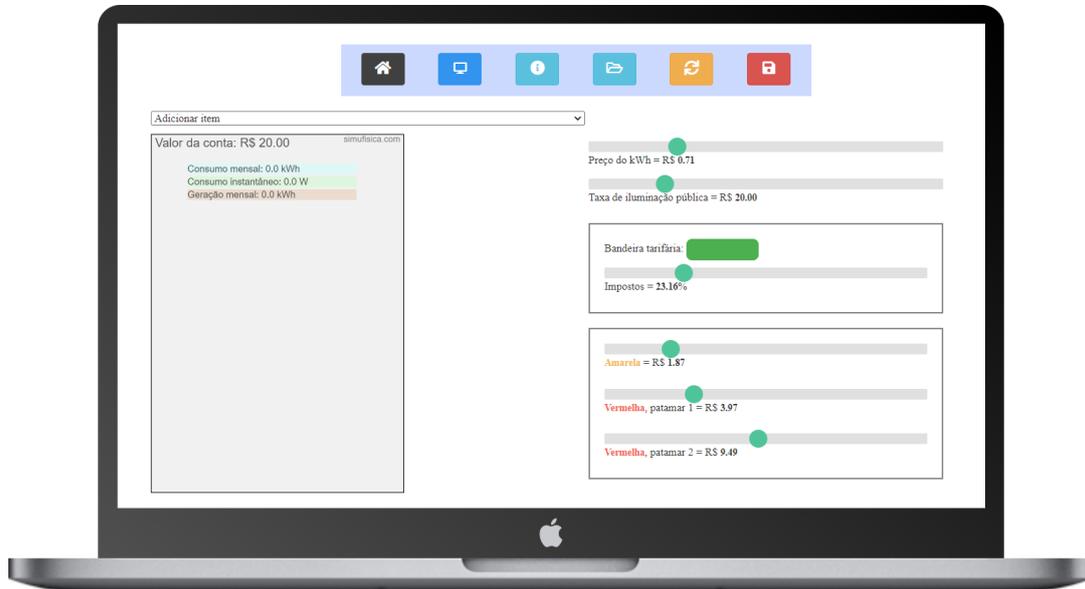


Figura 5.1: Versão online 1.5 do aplicativo Consumo de Energia Elétrica.

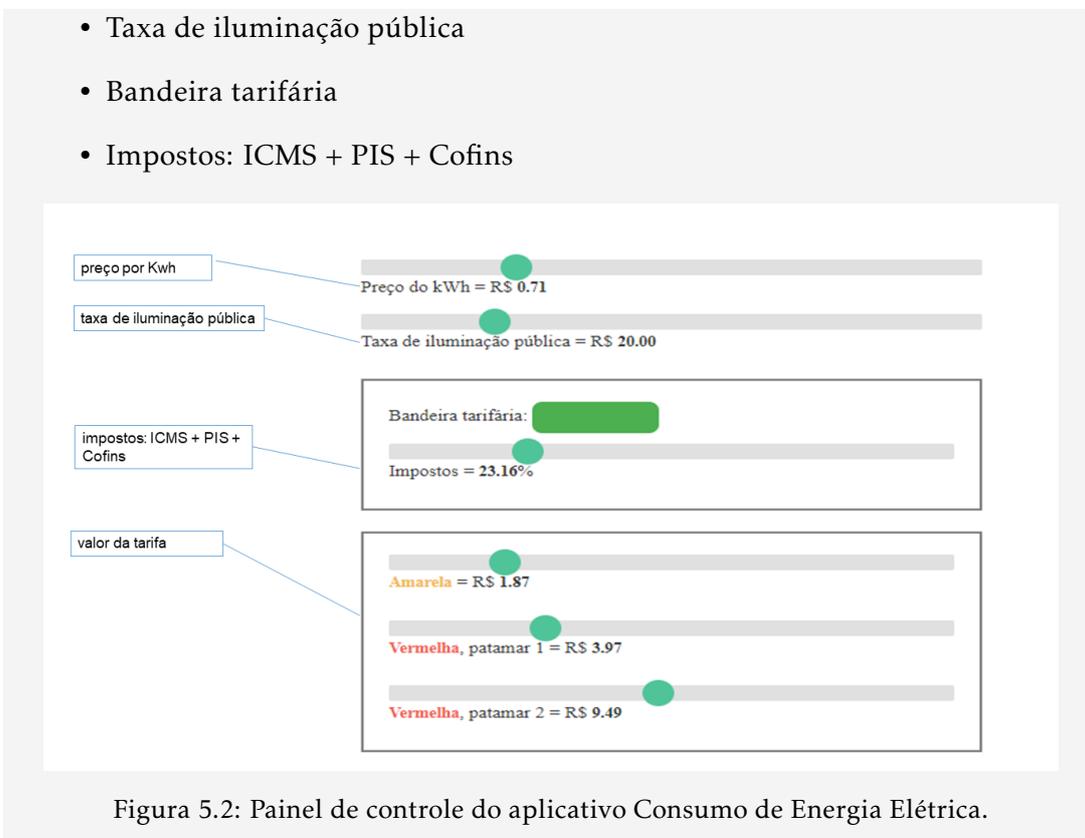


Figura 5.2: Painel de controle do aplicativo Consumo de Energia Elétrica.

Para cara aparelho incluso, é possível controlar:

- A sua potência elétrica [Fig. 5.3(a)]:
- A quantidade de horas ou de minutos de uso por dia [Fig. 5.3(b)]:
- O total de aparelhos [Fig. 5.3(c)]:

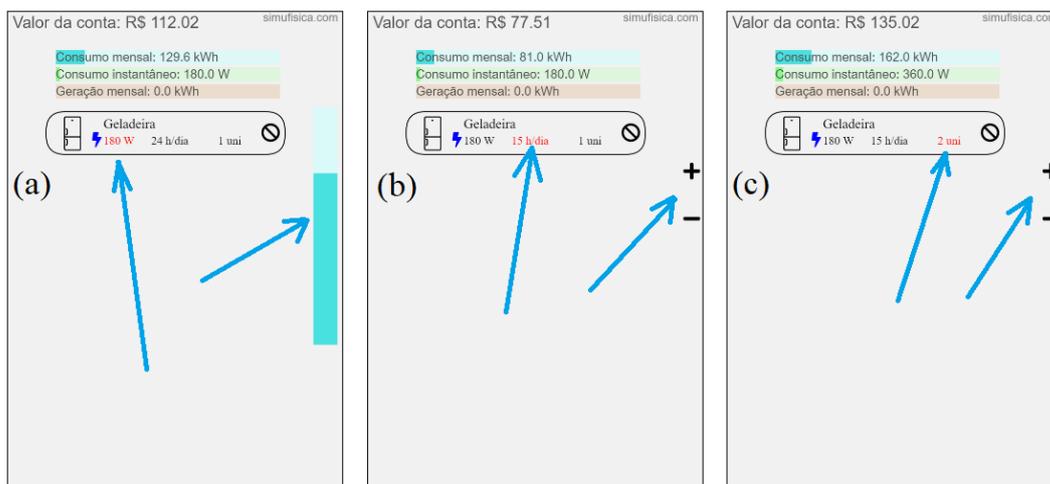


Figura 5.3: Parâmetros dos aparelhos que podem ser ajustados: (a) Potência elétrica, (b) Total de uso por dia, e (c) total de unidades na casa.

5.2 Proposta de aula

5.2.1 Potência elétrica de aparelhos domésticos

Inicie a aula fazendo a seguinte pergunta para trabalhar os conhecimentos prévios dos alunos: Por que os chuveiros elétricos são ligados em 220 V, mesmo nas cidades onde a tensão da maioria das residências é de 110 V? Seguindo nesse caminho, alguns tópicos que devem ser trabalhados são apresentados abaixo:

- Conceitos de potência e de energia elétrica;
- Relação entre as grandezas físicas;
- Cálculo de potência no Sistema Internacional de Unidades (SI);
- Cálculo de energia elétrica na unidade de medida adotada pelas companhias de energia elétrica.

5.2.2 Potência elétrica, corrente e voltagem

Nessa aula, comece conceituando potência elétrica em aparelhos domésticos para que haja um melhor entendimento. Em seguida, exemplifique. Nessa aula podem ser trabalhados os seguintes tópicos:

- Transformação de energia elétrica em energia mecânica;
- Relação entre as grandezas: potência elétrica (P), tensão (V) e corrente elétrica (i);
- Efeito joule – transformação de energia elétrica em energia térmica, exemplificando com o nosso cotidiano.

5.2.3 Aparelhos no consumo elétrico residencial

A fim de conscientizar o consumidor na economia de energia elétrica, torna-se necessário identificar quais são os aparelhos que mais contribuem para o consumo de energia elétrica. Diante disso, essa aula também poderá iniciar com algumas perguntas: Qual é o aparelho que mais consome energia? Qual é o aparelho que funciona por mais tempo? Com essas perguntas o professor pode trabalhar com o estudo de vários aparelhos domésticos através do aplicativo SimuFísica® “Consumo de Energia Elétrica”.

5.2.4 O consumo de energia elétrica no Brasil

Para finalizar o conteúdo “Potência Elétrica”, o professor deve trabalhar tópicos diretamente relacionados ao consumo de energia elétrica. Para uma melhor compreensão, o professor deve utilizar o aplicativo SimuFísica® “Consumo de Energia Elétrica”. Os tópicos sugeridos são:

- Fontes de energia elétrica;
- Análise de consumo de energia elétrica nos setores do Brasil;
- Consumo energético residencial.

5.3 Equações úteis

Potência:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

- P : potência
- ΔE : variação de energia
- Δt : variação de tempo

5.4 Problemas propostos

Problema Considere dois aparelhos elétricos, sendo um chuveiro elétrico com potência de 3.000 W ligado 20 minutos por dia e uma televisão com potência de 150 W ligada 3 horas por dia. Qual dos dois aparelhos terá um gasto maior de energia elétrica em um mês com 30 dias?

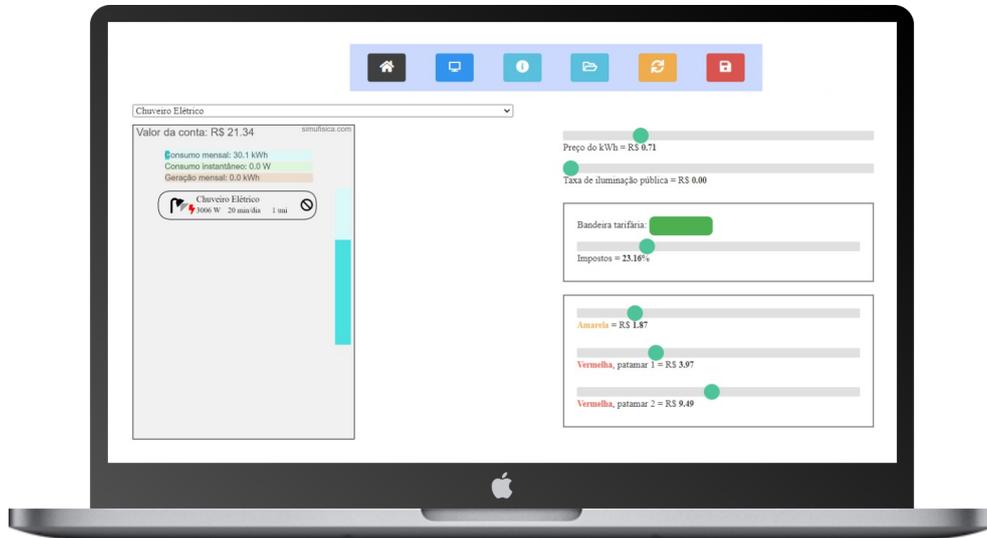
Cálculo do consumo de energia no mês – chuveiro:

$$\Delta E = P \Delta t$$

$$\Delta E = 3kW \times 0,33h \times 30$$

$$\Delta E = 30 kWh$$

Resultado da simulação:



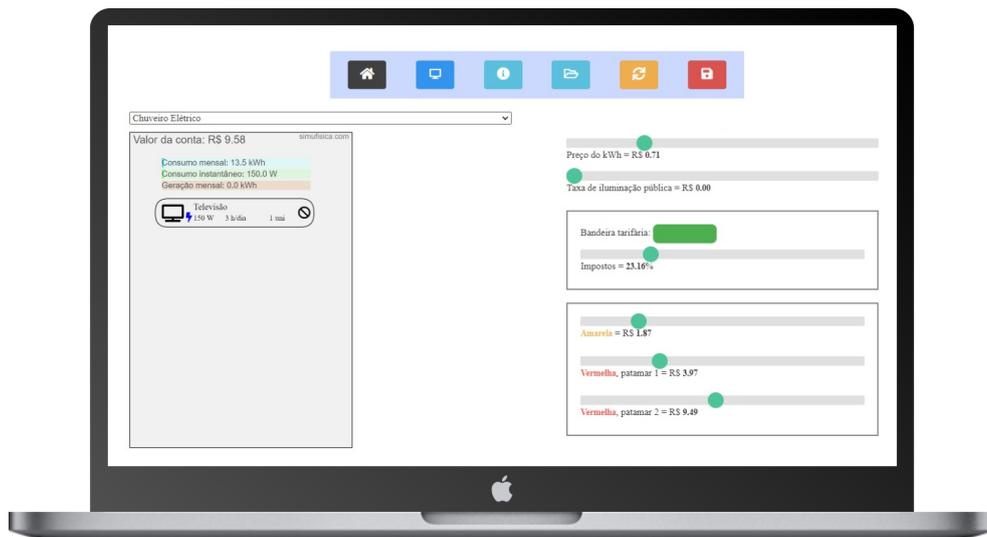
Cálculo do consumo de energia no mês – televisão:

$$\Delta E = P \Delta t$$

$$\Delta E = 0,15kW \times 3h \times 30$$

$$\Delta E = 13,5 \text{ kWh}$$

Resultado da simulação:



Resultado: O chuveiro elétrico consumirá mais energia elétrica ao mês.

Problema Uma casa simples possui apenas uma geladeira com potência de 80 W, ligada 24 horas por dia, uma televisão com potência de 100 W, ligada 3 horas por dia, e dois ventiladores com potência de 100 W cada, ligados 8 horas por dia cada um. Calcule o valor da fatura mensal tanto na bandeira verde patamar 1 quanto na bandeira vermelha patamar 2, considerando uma taxa de iluminação pública de R\$ 35,00. Desconsidere os impostos que incidem nessas bandeiras tarifárias. Considere o valor por kWh com sendo R\$ 0,80 e que o valor da bandeira tarifária vermelha 2 é de R\$ 10,01 por 100 kWh .

Link do aplicativo para esta configuração: <https://simufisica.com/simulacoes/consumo-energia-eletrica/?preco=0.80&impostos=0.00&taxaIllum=35.00&BV2=12>

Cálculo do consumo gasto pela geladeira no mês - bandeira verde:

$$\Delta E = P \Delta t$$

$$\Delta E = 0,80kW \times 24h \times 30$$

$$\Delta E = 57,60 \text{ kWh.}$$

Cálculo do consumo gasto pela televisão no mês - bandeira verde:

$$\Delta E = P \Delta t$$

$$\Delta E = 0,1kW \times 3h \times 30$$

$$\Delta E = 9 \text{ kWh.}$$

Cálculo do consumo gasto pelos 2 ventiladores no mês - bandeira verde:

$$\Delta E = P \Delta t$$

$$\Delta E = 2 \times 0,1kW \times 8h \times 30$$

$$\Delta E = 48 \text{ kWh.}$$

Cálculo do consumo total:

$$\Delta E = 57,60 + 9 + 48$$

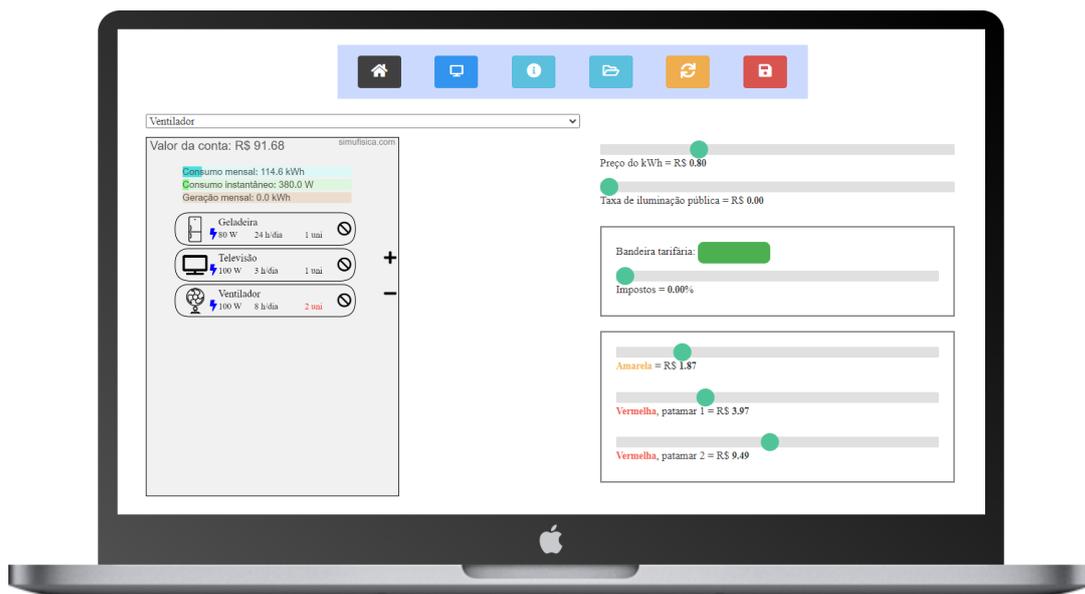
$$\Delta E = 114,6 \text{ kWh.}$$

Cálculo do conta de energia elétrica na bandeira verde:

$$\text{conta} = 114,6 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,80$$

$$\text{conta} = \text{R\$ } 91,68$$

Resultado da simulação - bandeira verde:

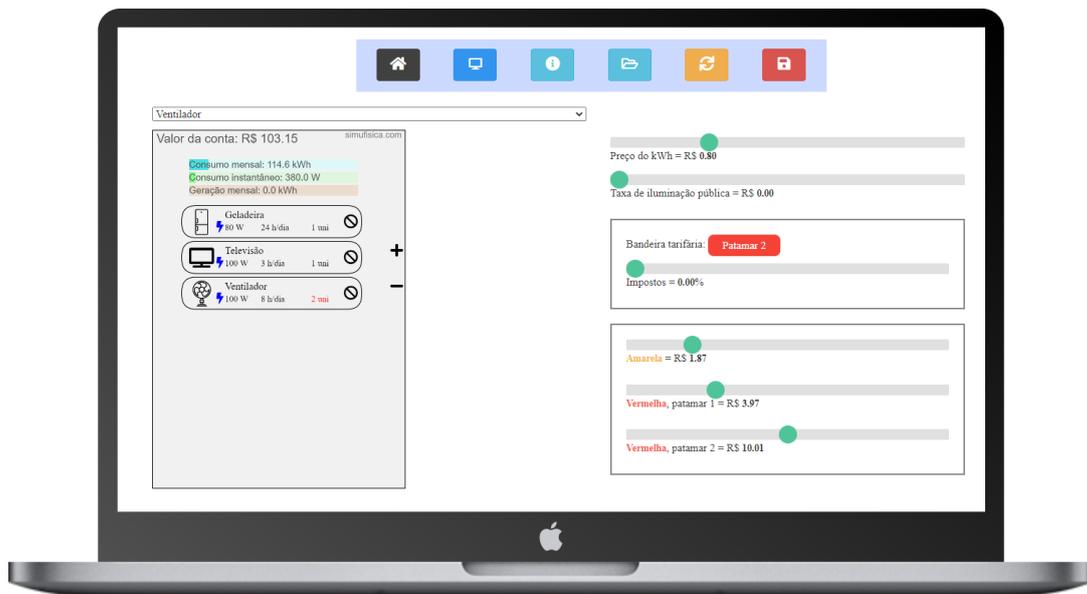


Cálculo do valor da conta de energia elétrica na bandeira vermelha, patamar 2:

$$\text{conta} = 114,6 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,80 + \text{R\$ } 10,01 \times \left(\frac{114,6}{100} \right)$$

$$\text{conta} = \text{R\$ } 103,15$$

Resultado da simulação - bandeira vermelha, patamar 2:



ANEXO B – QUESTIONÁRIO SOBRE O SIMUFÍSICA



UNIR FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA

Questionário sobre o SimuFísica.E.E.E.F.M PLÁCIDO DE CASTRO

Professor(a): Cristiane Mara Oliveira

Aluno(a): *Eduardo de Matos Inezzo*Turma: *1ª A*

Ano: 2021

1 - Você acha que o uso de aplicativos como o SimuFísica tornaria as aulas de Física mais interessantes, proporcionando um melhor aprendizado dos conceitos físicos (marque apenas uma opção)?

- Sim, sempre.
- Sim, na maioria das vezes.
- Sim, algumas vezes.
- Sim, mais em pouquíssimas situações.
- Nunca.

2 - Você já acessou o SimuFísica (marque apenas uma opção)?

- sim
- não



UNIR

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA



Questionário sobre o SimuFísica.

E.E.E.F.M PLÁCIDO DE CASTRO

Professor(a): Cristiane Mara Oliveira

Aluno(a): *Harrellyn Kaëlla T. Jimões* Turma: *1º D* Data: 22/11/201

1 - Você acha que o uso de aplicativos como o SimuFísica tornaria as aulas de Física mais interessantes, proporcionando um melhor aprendizado dos conceitos físicos (marque apenas uma opção)?

- Sim, sempre.
- Sim, na maioria das vezes.
- Sim, algumas vezes.
- Sim, mais em poucas situações.
- Nunca.

2 - Você já acessou o SimuFísica (marque apenas uma opção)?

- sim
- não



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA



Questionário sobre o SimuFísica.

E.E.E.F.M PLÁCIDO DE CASTRO

Professor(a): Cristiane Mara Oliveira

Aluno(a): *Kauani Andrad de Souza* Turma: *2ª A* Data: 22/11/201

1 - Você acha que o uso de aplicativos como o SimuFísica tornaria as aulas de Física mais interessantes, proporcionando um melhor aprendizado dos conceitos físicos (marque apenas uma opção)?

Sim, sempre.

Sim, na maioria das vezes.

Sim, algumas vezes.

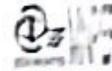
Sim, mais em pouquíssimas situações.

Nunca.

2 - Você já acessou o SimuFísica (marque apenas uma opção)?

sim

não



Questionário sobre o SimuFísica.

E.E.E.F.M PLÁCIDO DE CASTRO

Professor(a): Cristiane Mara Oliveira

Aluno(a): Ramiely Amanda

Turma: 2-B

Ano: 2021

1 - Você acha que o uso de aplicativos como o SimuFísica tornaria as aulas de Física mais interessantes, proporcionando um melhor aprendizado dos conceitos físicos (marque apenas uma opção)?

() Sim, sempre.

Sim, na maioria das vezes.

() Sim, algumas vezes.

() Sim, mais em pouquíssimas situações.

() Nunca.

2 - Você já acessou o SimuFísica (marque apenas uma opção)?

sim

() não



UNIR FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA



Questionário sobre o SimuFísica.

E. E. E. F. M PLÁCIDO DE CASTRO

Professor(a): Cristiane Mara Oliveira

Aluno(a): *Thais Bomfim Nunes* Turma: *2^ª D* Data: 22/11/2021

1 - Você acha que o uso de aplicativos como o SimuFísica tornaria as aulas de Física mais interessantes, proporcionando um melhor aprendizado dos conceitos físicos (marque apenas uma opção)?

- Sim, sempre.
- Sim, na maioria das vezes.
- Sim, algumas vezes.
- Sim, mais em pouquíssimas situações.
- Nunca.

2 - Você já acessou o SimuFísica (marque apenas uma opção)?

- sim
- não



Questionário sobre o SimuFísica.

E. E. E. F. M. PLÁCIDO DE CASTRO

Professor(a): Cristiane Mara Oliveira

Aluno(a): *Isabelly Caroline da S. Pontes* Turma: 3^o ano A Data: 22/11/201

1 - Você acha que o uso de aplicativos como o SimuFísica tornaria as aulas de Física mais interessantes, proporcionando um melhor aprendizado dos conceitos físicos (marque apenas uma opção)?

- Sim, sempre.
- Sim, na maioria das vezes.
- Sim, algumas vezes.
- Sim, mais em pouquíssimas situações.
- Nunca.

2 - Você já acessou o SimuFísica (marque apenas uma opção)?

- sim
- não



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA



Questionário sobre o SimuFísica.

E.E.E.F.M PLÁCIDO DE CASTRO

Professor(a): Cristiane Mara Oliveira

Aluno(a): *Caio Souza de Jesus*

Turma: 3^B

Ano: 2021

1 - Você acha que o uso de aplicativos como o SimuFísica tornaria as aulas de Física mais interessantes, proporcionando um melhor aprendizado dos conceitos físicos (marque apenas uma opção)?

Sim, sempre.

Sim, na maioria das vezes.

Sim, algumas vezes.

Sim, mais em pouquíssimas situações.

Nunca.

2 - Você já acessou o SimuFísica (marque apenas uma opção)?

sim

não

ANEXO C – CERTIFICADO DE REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512022001229-4**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 31/03/2022, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: Conservação de Energia Mecânica - SimuFísica

Data de publicação: 31/03/2022

Data de criação: 26/03/2022

Titular(es): MARCO POLO MORENO DE SOUZA; CRISTIANE MARA OLIVEIRA

Autor(es): MARCO POLO MORENO DE SOUZA; CRISTIANE MARA OLIVEIRA

Linguagem: HTML; JAVA SCRIPT; CSS; JQUERY

Campo de aplicação: CO-02; ED-01; ED-04; FQ-05

Tipo de programa: AP-01

Algoritmo hash: SHA-512

Resumo digital hash:

f3a3ccdea1fa3817fe2230c938b9e67bdab7cba5a0db5b926cb578fa40b59e4c086465bf45de9245d72bc57782c4b233e16c3823a7ac30aeb756a81f1245fa18

Expedido em: 31/05/2022

Aprovado por:

Joelson Gomes Pequeno

Chefe Substituto da DIPTO - PORTARIA/INPI/DIRPA Nº 02, DE 10 DE FEVEREIRO DE 2021

APÊNDICE L – TERMO DE AUTORIZAÇÃO

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, Cristiane Mara Oliveira Cunha, abaixo-assinado, aluno (a) regularmente matriculado (a) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo Ji-Paraná/UNIR, portador (a) do RA:20201013646 venho por meio deste autorizar a disponibilização pelo Polo do Departamento de Física de Ji-Paraná do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (PJIPAMNPEF) do meu Trabalho de Conclusão de Curso em meios eletrônicos existentes ou que venham a ser criados.

Ji-Paraná, de 13 de fevereiro de 2023.

Cristiane Mara Oliveira Cunha

Cristiane Mara Oliveira Cunha