



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

HUMBERTO DA SILVA OLIVEIRA

**UMA INVESTIGAÇÃO DA MODELAGEM E SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA**

Campina Grande – PB
2014

HUMBERTO DA SILVA OLIVEIRA

**UMA INVESTIGAÇÃO DA MODELAGEM E SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de Concentração: Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Metodologia e Didática do Ensino de Ciências e da Educação Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire

Campina Grande – PB
2014

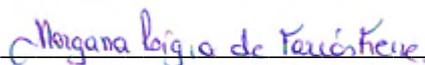
HUMBERTO DA SILVA OLIVEIRA

UMA INVESTIGAÇÃO DA MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO
ENSINO DE FÍSICA

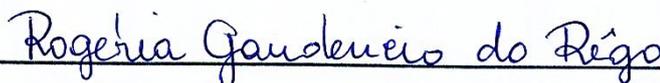
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em 17 de Dezembro de 2014.

Banca examinadora



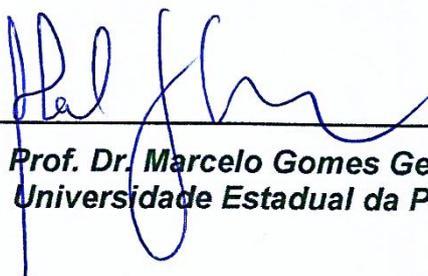
Prof.^a Dra. Morgana Lígia de Farias Freire
Orientadora



Prof.^a Dra. Rogéria Gaudencio do Rêgo
Universidade Federal da Paraíba



Prof.^a Dra. Paula Almeida de Castro
Universidade Estadual da Paraíba



Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano
Universidade Estadual da Paraíba

Ao meu pai (*in memoriam*) pelo incentivo aos estudos.

À minha mãe pelo esforço dedicado a minha educação.

À minha esposa, com amor e gratidão por sua compreensão e carinho.

Aos meus filhos Humberto Segundo e Hugo Mathias.

AGRADECIMENTOS

À Deus por todas as conquistas alcançadas.

À minha orientadora, Professora Dra. Morgana, pela competência e respeito com que conduziu este processo, desde o início de sua concepção até a sua finalização e pelos valiosos conselhos para superar as dificuldades da vida acadêmica.

À Escola Daura Santiago Rangel e à Secretaria de Educação do Estado da Paraíba, pelo acesso e disponibilidade do ambiente escolar para realização da pesquisa.

Ao Professor Umbelino de Freitas Neto, coordenador do laboratório de ensino do Departamento de Física da UFPB, pelas discussões que contribuíram na pesquisa.

Aos Professores da Banca Examinadora, Dra. Rogéria Gaudêncio do Rêgo, Dra. Paula Almeida de Castro e Dr. Marcelo Gomes Germano, pelas valiosas contribuições no Exame de Qualificação.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, que colaboraram de forma direta ou indireta na minha formação acadêmica e de pesquisador.

Aos meus familiares, que acompanharam a minha trajetória: minha esposa Ivanilda, meus filhos Humberto Segundo e Hugo Mathias e à minha mãe.

RESUMO

O foco principal desta pesquisa foi a investigação de como a modelagem e simulação computacional influenciaram o ensino da Física, especificamente o conteúdo da Energia Mecânica em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a partir da intervenção pedagógica com o uso do software Modellus. A pesquisa foi realizada em uma escola pública do estado da Paraíba, durante o período do 4º bimestre. Este estudo é caracterizado como uma pesquisa qualitativa, sendo especificamente um estudo de caso. Durante a pesquisa utilizou-se a observação participante, entrevistas e análise documental, como técnicas de levantamento e coleta de dados, possibilitando a triangulação dos dados. Utilizando-se da análise de conteúdo das entrevistas, dos documentos, bem como das observações realizadas durante os encontros em sala de aula e, considerando as evidências trianguladas, pode-se concluir que a utilização da modelagem e simulação computacional influencia no aumento da motivação dos alunos para o estudo dos conteúdos de Física e, em consequência disto cria-se uma disposição para a aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Ensino de Física. Energia Mecânica. Software Modellus.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate how modeling and computational simulation influences the teaching of physics, specifically the contents of Mechanical Energy on the 1^o year of High School, in light of Meaningful Learning Theory of Ausubel, from the educational intervention by using the *Modellus* software. The research was carried out in a public school in Paraíba State, during the 4^o bimester of the year. This study is characterized as a qualitative research, being specifically a case study. The methods used during the investigation were the participant observation and interviews and documental analysis, as survey and data acquisition, allowing data triangulation. Analyzing the content of interviews, documents and observations performed during the meetings in the class room, and considering the triangulated evidences, it is possible to conclude that use of modeling and computational simulation influences in the raise of the motivation of the students for the physics study, creating a high willingness to the meaningful learning.

Keywords: Physics Teaching. Mechanical Energy. *Modellus* Software.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema figurativo das possíveis abordagens para o ensino de Física.....	17
Figura 2 - Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).....	24
Figura 3 - Modelo matemático para o estudo da conservação da Energia Mecânica, criado no Modellus.....	33
Figura 4 - Mapa conceitual sobre o Modellus.....	35
Figura 5 - Modellus versão 4.01.....	35
Figura 6 - Contínuos entre aprendizagem receptiva e aprendizagem por descoberta e entre aprendizagem automática e aprendizagem significativa.....	39
Figura 7 - Ciclo da diferenciação progressiva, reconciliação integradora.....	44
Figura 8 - Ponte cognitiva	45
Figura 9 - Layout da sala de informática.....	49
Figura 10 - Sala de informática da escola	50
Figura 11 - Deslocamento de um corpo.....	53
Figura 12 - Simulação sobre aceleração e força.....	58
Figura 13 - Interação da professora	60
Figura 14 - Participação da professora	60

SUMÁRIO

1. PRIMEIRAS PALAVRAS	10
1.1 BREVE INTRODUÇÃO À TEMÁTICA	10
1.2 A ABORDAGEM METODOLÓGICA	12
2. ALGUMAS ABORDAGENS DO ENSINO DE FÍSICA	16
2.1 ABORDAGEM CTS	17
2.2 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA (HFC)	19
2.3 LABORATÓRIO DIDÁTICO (LD)	21
2.4 TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC)	23
3. O COMPUTADOR E O ENSINO DE FÍSICA: SIMULAÇÃO E MODELAGEM COMPUTACIONAL	26
3.1 O USO DO COMPUTADOR NO ENSINO: FRAGMENTOS HISTÓRICOS	26
3.2 O COMPUTADOR E O ENSINO: DIFICULDADES E POSSIBILIDADES	29
3.3 AVALIANDO SOFTWARES	31
3.4 SOFTWARE <i>MODELLUS</i>	33
4. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	38
4.1 APRENDIZAGEM POR RECEPÇÃO X DESCOBERTA E SIGNIFICATIVA X MECÂNICA	38
4.2 RELAÇÃO ENTRE OS NOVOS CONTEÚDOS COM IDEIAS EXISTENTES NA ESTRUTURA COGNITIVA	41
4.2.1 Aprendizagem subordinada	41
4.2.2 Aprendizagem subordinante	42
4.2.3 Aprendizagem combinatória	42
4.3 DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRADORA	44
4.4 ORGANIZADORES AVANÇADOS	45
4.5 FATORES QUE INFLUENCIAM A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	46
5. O PROCESSO E A ANÁLISE	49
5.1 PARTICIPANTES DA PESQUISA E ESTRUTURA DA ESCOLA	49
5.2 DELIMITAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL	50
5.3 DELIMITAÇÃO DO CONTEÚDO ABORDADO	51
5.4 OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE DOS ENCONTROS REALIZADOS	56
5.5 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS	67
5.6 ANÁLISE DOCUMENTAL	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS	72

REFERÊNCIAS	74
APÊNDICES	80
ANEXOS	131

1. PRIMEIRAS PALAVRAS

1.1 BREVE INTRODUÇÃO À TEMÁTICA

As crianças, os adolescentes e os jovens de hoje estão em permanente contato com dispositivos tecnológicos. Para destacar alguns, podemos citar o acesso à TV digital, smartphone, notebook e tablet, dentre outros, formando uma nova geração conhecida como “nativos digitais” (PRENSKY, 2001). Esta geração, conectada em redes sociais, com acesso a informações diversas e em tempo real, participa não apenas de forma passiva, mas também de forma ativa, criando e lançando ideias, de maneira colaborativa, na grande rede de computadores.

Nesta atual realidade, vivenciada por uma parcela considerável da sociedade, está inserida a instituição escolar, que apesar de certos avanços, na tentativa de acompanhar e atualizar-se com a utilização e aplicação das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no processo de ensino e aprendizagem, ainda apresenta um longo caminho a ser percorrido com diversos desafios a serem superados. Diante das “maravilhas” tecnológicas do mundo contemporâneo, um dos desafios é atrair a atenção dos alunos e motivá-los para o estudo das ciências, no nosso caso particular, ao estudo dos fenômenos físicos.

No nível da educação básica, a Física é considerada pela maioria dos alunos como uma das disciplinas mais difíceis, principalmente, no Ensino Médio. Essa dificuldade tem como origem diversos motivos, alguns deles são: a não percepção dos conceitos físicos no cotidiano ou concepções equivocadas dos fenômenos físicos, que são desenvolvidas espontaneamente e trazidas para a sala de aula (ZYLBERSZTAJN, 1983); a aprendizagem da Física exige certo grau de abstração para a compreensão de alguns conceitos e os alunos ainda não desenvolveram suficientemente essa competência; é constatado que muitos professores de Física focalizam e dão uma ênfase exagerada no ensino e aplicação das fórmulas sem relacionar a teoria com a prática ou com situações do dia a dia, tornando o ensino enfadonho e por vezes contribuindo para que os alunos tenham aversão a Física. Outro fator importante, destacado por Moreira (1983), é que muitas vezes o professor não leva em consideração o conhecimento prévio do aluno em relação aos conceitos físicos.

Além disso, a aplicação de ferramentas tecnológicas, principalmente o uso do computador, no processo de ensino e aprendizagem, é ainda uma prática pouco explorada ou subutilizada, apesar dos avanços existentes na área. Aparentemente, a dificuldade dos professores da escola pública em se adaptarem às metodologias de ensino emergentes pode estar relacionada às condições materiais; a aceitação de novas abordagens e a carência de

atualização e formação permanente (OLIVEIRA; FREIRE, 2012a).

Perante estas dificuldades encontradas para o ensino de Física, questionamos se é possível aproveitar as tecnologias que permeiam o cotidiano da sociedade e aplicá-las em sala de aula, em especial a utilização de computadores com softwares (programas) indicados para o ensino. Alguns trabalhos já realizados (TEODORO, 2002; VEIT, TEODORO, 2002; FIOLHAIS, TRINDADE, 2003; MELO, 2011; OLIVEIRA, FREIRE, 2012b) apontam que sim, é possível, desde que exista uma imersão por parte do professor para adquirir os saberes docentes apropriados para o uso de tais tecnologias e que o software utilizado consiga flexibilizar-se e integrar-se com os atuais currículos vigentes do ensino.

Iniciamos nossa experiência como professor de Física em 1998, ainda cursando a licenciatura em Física na Universidade Federal da Paraíba (UFPB). De 1998 até o presente momento, trabalhamos em escolas particulares e atualmente atuamos como professor de Física da rede pública do estado da Paraíba e Físico da UFPB. Realizamos nosso trabalho, como docente, no ensino médio do turno noturno, ministrando aulas de Física na modalidade regular e Educação de Jovens e Adultos (EJA).

No decorrer da nossa vida profissional, sempre tivemos uma inquietação interna com relação à recepção dos alunos aos conteúdos de Física trabalhados em sala de aula e a metodologia de explanação destes conteúdos. Aliás, esta inquietação surgiu quando cursávamos a antiga Escola Técnica, hoje conhecida como Instituto Federal da Paraíba (IFPB), ao observar nossos colegas de sala de aula que não davam muita importância para as aulas de Física. Esse mesmo comportamento foi observado em nossos alunos, principalmente no início de nossa carreira como professor.

Na medida em que o tempo foi passando procuramos outras metodologias para o ensino, dentre elas, o uso da tecnologia no ensino. Porém, até então esta não era muito acessível às escolas e principalmente aos alunos.

Para aprofundar a discussão e contribuir com os estudos acadêmicos sobre o uso do computador e programas no ensino de Física, especificamente, o uso do software *Modellus*, programa de modelagem e simulação, apresentamos a nossa pesquisa, que foi realizada em uma turma do 1º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual, da cidade de João Pessoa, do estado da Paraíba, no período de outubro a dezembro de 2012, referente ao 4º bimestre. Utilizamos a modelagem e simulação computacional, criadas no *Modellus*, para o ensino do conteúdo da Energia Mecânica, suas formas cinética e potencial, as transformações e conservação, com o intuito de avaliar como o uso da modelagem e simulação computacional influencia o ensino de Física.

Portanto, a nossa questão de pesquisa é: como a modelagem e simulação computacional influenciam o ensino da Energia Mecânica em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a partir da intervenção pedagógica com o uso do software *Modellus*? Para esse estudo levantamos quais são os conhecimentos prévios (subsunçores) dos alunos referentes ao conteúdo que foi tratado; construímos um mapa conceitual para apresentação do conteúdo; construímos e aplicamos modelos matemáticos que simulem situações envolvendo a temática relacionada ao conteúdo da Energia Mecânica, utilizando o software *Modellus*; e avaliamos o desempenho dos alunos diante da utilização do computador em conjunto com o software *Modellus*.

Esta pesquisa caracteriza-se como qualitativa, em razão de nossos objetivos, desenvolvida na forma de um estudo de caso em uma turma do 1º ano do Ensino Médio.

1.2 A ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para realizar essa investigação optamos pela utilização da abordagem metodológica de natureza qualitativa que, de acordo com Denzin e Lincoln (2006) é considerada:

[...] uma atividade situada que localiza o observador no mundo. Consiste em um conjunto de práticas materiais e interpretativas que dão visibilidade ao mundo. Essas práticas transformam o mundo em uma série de representações, incluindo as notas de campo, as entrevistas, as conversas, as fotografias, as gravações e os lembretes. Nesse nível, a pesquisa qualitativa envolve uma abordagem naturalista, interpretativa, para mundo, o que significa que seus pesquisadores estudam as coisas em seus cenários naturais, tentando entender, ou interpretar, os fenômenos em termos dos significados que as pessoas a eles conferem (DENZIN; LINCOLN, 2006, p. 17).

Compreendemos a abordagem naturalista como aquela que o investigador utiliza quando estuda atividades realizadas por pessoas em seus ambientes naturais. Na nossa investigação as pessoas analisadas foram estudantes realizando atividades no computador no ambiente escolar. Esse ambiente e os estudantes serão detalhados mais adiante.

Diante da nossa questão de pesquisa e da natureza qualitativa da investigação optamos em realizar um estudo de caso que, segundo Stake (2012) “é o estudo da particularidade e complexidade de um único caso, conseguindo compreender a sua atividade no âmbito de circunstâncias importantes” (STAKE, 2012, p.11).

O estudo de caso é indicado quando as questões de pesquisa são do tipo “como” ou “por que”; quando o investigador tem pouco controle nos eventos e; quando o interesse do investigador está sobre um fenômeno contemporâneo da vida real (YIN, 2010).

O estudo de caso pode ser aplicado em diversas situações, desde que, exista o interesse de compreender fenômenos sociais complexos contemporâneos individuais, grupais,

organizacionais, sociais, políticos e relacionado. O estudo de caso é comum em diversas áreas, como na psicologia, na administração, na educação, na enfermagem, entre outras. Pois permite que “os investigadores retenham as características holísticas e significativas dos eventos da vida real” (YIN, 2010, p. 24).

A nossa intenção em realizar o estudo de caso foi verificar como a modelagem e simulação computacional influencia no ensino de Física de um determinado conteúdo, aplicado em uma turma de 1º ano do Ensino Médio. Nosso estudo não tem a pretensão de generalizar os resultados, pois concordamos com Stake (2012) quando ele afirma que “o verdadeiro objetivo do estudo de caso é a particularização, não a generalização” (STAKE, 2012, p. 24).

Para realizar o estudo de caso, existem técnicas de levantamento de dados que trazem evidências para a investigação. Dentre elas utilizamos a observação participante, questionário, entrevistas e análise documental.

Entende-se como observação participante, aquela que o observador “é parte integrante da situação e até mesmo contribui para que essa situação ocorra” (VIANNA, 2007, p. 49). A observação participante é uma técnica bastante utilizada para coleta e análise de dados em um estudo de caso. Sendo considerada como uma das mais importantes fontes de informações na pesquisa educacional (VIANNA, 2007; LÜDKE, ANDRÉ, 1986).

Nesse sentido, a investigação foi realizada a partir da intervenção pedagógica na sala de aula, tomando como procedimento norteador a utilização do software *Modellus*. Conforme descreve Souza (1996) “na intervenção, o procedimento adotado interfere no processo, com o objetivo de compreendê-lo, explicitá-lo ou corrigi-lo” (SOUZA, 1996, p.114). Sendo que o nosso objetivo foi voltado mais para a compreensão e explicitação do processo de ensino.

Junto com a observação, a entrevista representa uma fonte importante de informações para o estudo de caso. Para Yin (2010) as entrevistas devem ser conversas guiadas, permitindo que o entrevistador faça adaptações necessárias. Pois “a verdadeira corrente de questões, na entrevista de estudo de caso, será provavelmente fluida, não rígida” (YIN, 2010, p. 133). Foi pensando nisso que realizamos uma entrevista semiestruturada com três grupos de alunos, contendo cada grupo 3 alunos.

Ressaltando que no estudo de caso o investigador não mantém o controle no ambiente de coleta de dados. Ao utilizar as técnicas de coleta de dados o investigador deve estar ciente de algumas dificuldades, principalmente na entrevista e observação.

A natureza da entrevista é principalmente aberta, e o entrevistador pode não cooperar, necessariamente, na adesão total à sua linha de questões. Da mesma forma, ao observar as atividades da vida real, você está invadindo o mundo do sujeito

estudado, não o contrário; sob essas condições, você é quem tem que tomar providências especiais, ser capaz de agir como observador (ou mesmo como participante-observador) (YIN, 2010, p. 111).

Para corroborar e aumentar as evidências obtidas por outras fontes em um estudo de caso pode-se utilizar a análise documental (YIN, 2010). Que “embora pouco explorada não só na área de educação como em outras áreas de ação social, a análise documental pode se constituir numa técnica valiosa de abordagem de dados qualitativos” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p.38,).

Segundo André (2008), “os documentos são muito úteis nos estudos de caso porque complementam informações obtidas por outras fontes e fornecem base para triangulação dos dados” (ANDRÉ, 2008, p. 53).

O uso de múltiplas fontes de evidência minimizam as dificuldades encontradas no estudo de caso, melhorando a confiabilidade e validade dos dados coletados durante a investigação. Segundo Martins (2008)

[...] a confiabilidade de um Estudo de Caso poderá ser garantida pela utilização de várias fontes de evidências, sendo que a significância dos achados terá mais qualidade ainda se as técnicas forem distintas. A convergência de resultados advindos de fontes distintas oferece um excelente grau de confiabilidade ao estudo, muito além de pesquisas orientadas por outras estratégias. O processo de triangulação garantirá que descobertas em um Estudo de Caso serão convincentes e acuradas, possibilitando um estilo corroborativo de pesquisa (MARTINS, 2008, p. 80).

O uso de várias técnicas é importante no estudo do caso. Dessa forma é possível realizar a triangulação dos dados, pois, segundo Yin (2010, p.144) “com a triangulação dos dados, os problemas potenciais de validade do constructo também podem ser abordados, porque as múltiplas fontes de evidência proporcionam, essencialmente, várias avaliações do mesmo fenômeno”.

Com a finalidade de realizar a triangulação das fontes de dados, optamos por utilizar a observação participante, entrevista, questionário e análise documental. Procurando evidências que deem suporte à investigação, com o objetivo de compreender e realizar o estudo de caso, proposto na nossa pesquisa.

1.3 ESTRUTURA DE ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos, a seguir, apresentaremos um pequeno esboço sobre cada um deles.

Para situarmos melhor a nossa pesquisa apresentamos no Capítulo 2 algumas abordagens utilizadas no ensino de Física, ressaltando suas principais características. Dentre elas destacamos o ensino de Física baseado nas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS); o uso da História e da Filosofia da Ciência (HFC) como agente influenciador no ensino de Física; propostas e aplicações do laboratório didático (LD) de Física; aplicações das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para o ensino de Física.

No Capítulo 3 apresentamos alguns estudos do uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no ensino de Física, destacando a utilização do computador como uma ferramenta pedagógica, fornecendo alguns subsídios para a avaliação de softwares educativos. Neste capítulo também apresentamos o software *Modellus*, suas características e algumas de suas potencialidades no ensino de Física.

O nosso referencial teórico é a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que será tratada no Capítulo 4.

No Capítulo 5 expomos os motivos que nos levaram à escolha do conteúdo relacionado a Energia Mecânica e detalhamos as atividades (Simulações e Modelagens) criadas no *Modellus*, relatamos os resultados e discussões das nossas investigações e, depois disso, apresentamos as Considerações Finais sobre o trabalho realizado.

1.4 O PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional, como proposta decorrente deste trabalho de dissertação, é um tutorial, ou seja, um roteiro de apoio a futuras intervenções didáticas para abordagem do conteúdo de Energia Mecânica, suas formas cinética e potencial, as transformações e conservação em conjunto com a utilização do software *Modellus* no processo de ensino-aprendizagem da Física no Ensino Médio. No qual, considera os conhecimentos prévios (subsunçores) dos alunos para fazer a interligação dos novos conteúdos a serem aprendidos, conforme a teoria da aprendizagem de Ausubel. Além do tutorial, disponibilizamos as simulações criadas no *Modellus* no site: <http://humbertouepb.wix.com/modellus>.

2. ALGUMAS ABORDAGENS DO ENSINO DE FÍSICA

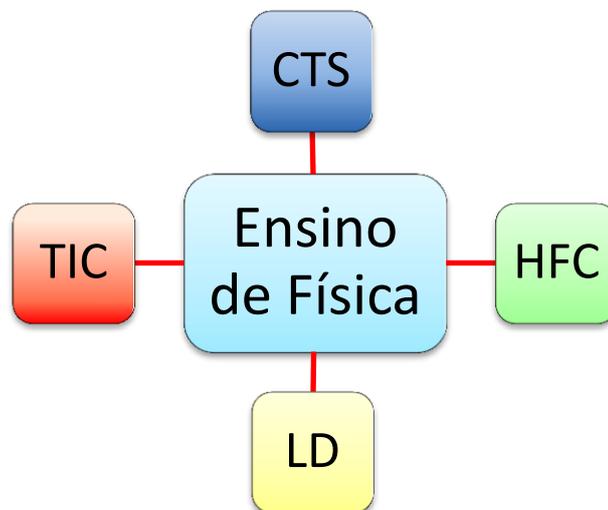
Os princípios da dinâmica (as leis de Newton) muitas vezes são estudados de maneira puramente teórica, com base estritamente na lógica dos princípios mecânicos. Esta forma de estudo tem sua legitimidade, desde que não nos interesse o contexto histórico, social e cultural em que foi desenvolvida. Porém, esse caminho mais operacional para o ensino de Física não ajuda na propagação de suas ideias. Acreditamos que a popularização da Física e das ciências “pode ser útil para erradicar mitos, combatendo a visão da ciência como algo muito além do conhecimento do cidadão comum e próxima de uma visão dogmática da verdade” (GERMANO, 2005, p. 4).

Portanto, para não cometer o risco de apresentar a Física como uma ciência “fria”, o professor deve conhecer algumas estratégias que possam ser utilizadas para seu ensino, que permita ao aluno conhecer a sua beleza e importância.

Neste capítulo iremos apresentar, de forma propedêutica, algumas abordagens que podem ser utilizadas nos níveis de educação básica (fundamental e médio) e superior para o ensino de Física, com o objetivo de mostrar que existe um leque de possibilidades para o ensino, e que muitas vezes podemos trabalhar determinados conteúdos utilizando um tipo de abordagem ou outra, mas também podemos mesclar duas ou mais abordagens, de forma integrada para proporcionar um ensino mais interessante e mais dinâmico.

Na nossa visão as mais emergentes no contexto atual são: abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade); História e Filosofia da Ciência (HFC); Laboratório Didático (LD); e Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Esta nossa escolha foi construída ao participar do XX Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), realizado na USP (Universidade de São Paulo) em janeiro de 2013, cuja temática foi *O ensino de Física nos últimos 40 anos: balanço, desafios e perspectivas*. A proposta deste simpósio foi discutir o que já foi realizado nas últimas décadas no ensino de Física e os desafios para o futuro. Diante do que foi exposto nas palestras e mesas redondas, nas quais tivemos a oportunidade de participar, destacamos as abordagens para o ensino de Física, que estão representadas na Figura 1, enfoque deste capítulo.

Figura 1 - Esquema figurativo das possíveis abordagens para o ensino de Física.



Fonte: Produção do próprio autor.

Queremos deixar claro que a abordagem focada no nosso estudo é o uso das TIC, não por acharmos que é a melhor, dentre as outras, mas pelo motivo da facilidade e afinidade pessoal que encontramos nesta abordagem. Porém, é difícil delimitar quando uma abordagem termina e a outra começa, muitas vezes estamos utilizando um conjunto delas no ensino de Física.

2.1 ABORDAGEM CTS

Os Parâmetros Curriculares Nacionais enfatizam a necessidade de que o ensino deve priorizar a formação do cidadão como um todo, para que ele seja capaz de entender e participar da sociedade, dando sua parcela de contribuição nas discussões de temas relevantes para a sociedade, portanto, “trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p.1).

Neste sentido podemos destacar o ensino de Física através da abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), pois ela contribui na construção do conhecimento dos alunos “mediante uma integração harmônica entre os conteúdos específicos e os processos de produção desse mesmo conteúdo” (VANNUCCHI, 2004, p.77). Essa perspectiva de integração dos conteúdos com os respectivos processos de produção apoia a visão de Cruz e Zylbersztajn (2001) sobre o papel mais importante da educação, que é:

[...] habilitar o aluno a compreender a realidade (tanto do ponto de vista dos fenômenos naturais quanto sociais) ao seu redor, de modo que ele possa participar, de forma crítica e consciente, dos debates que permeiam a sociedade na qual se encontra inserido (CRUZ; ZYLBERSZTAJN, 2001, p. 171).

A partir desta compreensão os alunos passam a valorizar o conhecimento científico e a importância de participar de forma ativa e consciente dos debates relacionados às mudanças que os avanços científicos e tecnológicos podem ocasionar na sociedade.

Em contra partida ao enfoque do uso da abordagem CTS, Cruz e Zylbersztajn (2001) destacam que o ensino de ciências da forma tradicional acontece nas suas componentes curriculares (Física, Química e Biologia) e com poucas referências e aplicações entre os conteúdos e a vida dos alunos. Dessa forma, a ciência é “vista como um conhecimento objetivo, abstrato e impessoal” (CRUZ; ZYLBERSZTAJN, 2001, p. 174).

A preocupação em formar cidadãos com consciência crítica no desenvolvimento da ciência e da tecnologia já remonta de décadas atrás. Cruz e Zylbersztajn (2001) citam que, no final dos anos 1950, nos Estados Unidos, ocorreu um grande investimento na reforma curricular de ciências, com o objetivo de melhorar o ensino das disciplinas científicas, porém, após quinze anos, ainda existia um descontentamento com relação ao ensino de ciências, que veio ser confirmado com o relatório do “Project Synthesis¹”, pois o mesmo inferiu que os jovens não estavam sendo preparados para lidarem no dia a dia com a ciência e a tecnologia.

Apenas no final dos anos de 1970 o enfoque CTS surgiu nos EUA, a partir de movimentos contra culturais com as correntes ecologista e pacifista, devido ao contexto da época, que envolvia a guerra do Vietnã e o uso de pesticidas químicos na agricultura. Nesse sentido, o enfoque CTS veio para ajudar na formação dos cidadãos, com melhores informações e com capacidade de “lidar com as implicações sociais da ciência e da tecnologia” (CRUZ; ZYLBERSZTAJN, 2001, p. 176).

De acordo com Cruz e Zylbersztajn (2001), na Inglaterra o enfoque CTS surgiu no final dos anos de 1960, devido aos movimentos sociais que estavam preocupados com as consequências negativas do uso das tecnologias e das ciências em diversos setores, tais como: a poluição do meio ambiente; experiências com animais; uso de fertilizantes inorgânicos. Nesse período foi fundada a Sociedade Britânica de Responsabilidade Social na Ciência (BSSRS) que procurou atender aos anseios da sociedade em participar das tomadas de decisões em relação aos investimentos científicos. Para tal, a BSSRS estabeleceu algumas metas, citadas por Cruz e Zylbersztajn (2001), em que destacamos o estímulo, entre os cientistas, sobre a consciência do significado social da ciência, que tinha o objetivo de despertar entre os cientistas a responsabilidade social da ciência.

Em resumo, os objetivos da abordagem CTS na educação são:

¹ Project Synthesis – Projeto financiado pela NSF (National Science Foundation) Americana, para o estudo e avaliação da educação científica nos Estados Unidos, no final dos anos 1970 (HARMS; YAGER, 1981).

[...] promover o interesse dos estudantes em relacionar a ciência com aspectos tecnológicos e sociais, discutir as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da ciência-tecnologia (CT), adquirir uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico, formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados capazes de tomar decisões informadas e desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual (AIKENHEAD, 1987; YAGER e TAMIR, 1993; WAKS, 1994; ACEVEDO DÍAZ, 1995; CAAMAÑO, 1995 apud AULER, 2007, p. 1).

No contexto brasileiro o enfoque CTS é discutido considerando três dimensões, que conforme Auler (2007) são identificados na literatura com as seguintes temáticas: “a abordagem de temas de relevância social, a interdisciplinaridade e a democratização de processos de tomada de decisão em temas envolvendo Ciência-Tecnologia” (AULER, 2007, p.1). Tais temas estão sendo abordados em alguns livros didáticos de ensino de Física, principalmente relativos a matriz energética brasileira, aparecendo por diversas vezes no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). Segundo Auler (2011), o enfoque CTS chega ao Brasil com muita intensidade, tendo como marco a realização do II Seminário Ibero-Americano de Ciência-Tecnologia-Sociedade (II SIACTS), em 2010, na Universidade de Brasília. Também se verifica um incremento nas discussões sobre o enfoque CTS em eventos específicos da área de educação em ciências tais como: ENPEC, ENEQ, EPEF e ENEBIO.

Como podemos observar, o enfoque CTS possibilita um ensino que vai além da apresentação dos conteúdos, ele possibilita a formação de um cidadão crítico, capaz de entender e compreender a influência que a ciência exerce na sociedade (e vice-versa).

No nosso estudo, o conteúdo escolhido foi o da Energia Mecânica sua forma cinética e potencial, as transformações e conservação, devido a ser um tema de relevância social, se enquadrando em uma das dimensões do enfoque CTS no contexto brasileiro (AULER, 2007).

Apesar de não ter sido o foco principal, o nosso estudo também contemplou as discussões sobre a geração e transmissão de energia, o uso responsável da energia, suas formas e transformações, pois este tema é de fundamental importância para o crescimento de um país.

2.2 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA (HFC)

A partir da difusão dos enfoques da Ciência, Tecnologia e Sociedade no ensino básico e no ensino superior, obteve-se também uma abertura para a inserção da História e Filosofia das Ciências (HFC) nos programas de ensino básico e superior (MATTHEWS, 1995). A inclusão da HFC pode contribuir para o ensino, pois, além de poder ajudar a transmitir uma visão mais adequada sobre a natureza da ciência, pode auxiliar no próprio aprendizado dos conteúdos científicos (MARTINS, 2006).

Na literatura existem diversos argumentos em favor da inserção da história no ensino das ciências, Matthews (1994) resume estes argumentos da seguinte maneira:

A História promove melhor compreensão dos conceitos científicos e métodos.
Abordagens históricas conectam o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas.
A História da Ciência é intrinsecamente valiosa. Episódios importantes da História da Ciência e Cultura – a revolução científica, o darwinismo, a descoberta da penicilina etc. – deveriam ser familiares a todo estudante.
A História é necessária para entender a natureza da ciência.
A História neutraliza o cientificismo e dogmatismo que são encontrados frequentemente nos manuais de ensino de ciências e nas aulas.
A História, pelo exame da vida e da época de pesquisadores individuais, humaniza a matéria científica, tornando-a menos abstrata e mais interessante aos alunos.
A História favorece conexões a serem feitas dentro de tópicos e disciplinas científicas, assim como com outras disciplinas acadêmicas; a história expõe a natureza integrativa e interdependente das aquisições humanas. (MATTHEWS, 1994, p. 50).

Tais argumentos em defesa da inserção da história no ensino de ciências são reforçados atualmente nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2002). Entre as competências gerais que o aluno deve adquirir no decorrer do ensino de Física, uma delas é “compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social” (BRASIL, 2002, p. 14), bem como “compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época” (Ibidem), como também, “compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas” (Ibidem).

Porém muitas vezes a história no ensino de Física é utilizada de forma muito simplista, trazendo poucas informações para os alunos, apenas abordando breves fatos e acontecimentos históricos. Tais evidências são encontradas na maioria dos livros didáticos, assim como foi constatado na pesquisa realizada por Silva e Pagliarini (2008).

Conforme Silva e Pagliarini (2008), os conteúdos encontrados nos livros didáticos de ensino de Física são apresentados de três maneiras: a primeira maneira é a ausência total de quaisquer referências históricas; a segunda maneira apresenta conteúdos históricos de forma isolada, por vezes aparecendo em forma de caixas separadas, a título de curiosidade com nomes, datas e até anedotas (MARTINS, 2006); na terceira maneira a história da ciência é abordada e discutida dentro do texto, em conjunto com as teorias, conceitos e equações.

Diante disto, surge também outra questão muito importante, que pode ajudar a superar os problemas encontrados nos livros didáticos, que está relacionada com a formação dos futuros professores. Na opinião de Silva e Silva (2008), a inserção da história e da filosofia da

ciência deveria fazer parte do currículo dos professores de Física, pois, desta forma, os professores poderiam avaliar o material didático utilizado, verificando a coerência e veracidade dos conteúdos históricos inseridos nos livros didáticos. Para que isto aconteça, Martins (2006) propõe que a melhora de qualidade do ensino de história das ciências deve passar por um incremento no número de cursos de pós-graduação em história da ciência; no intercâmbio com centros de pesquisas do exterior; e na criação de novos grupos de pesquisa na área.

Peduzzi (2001) traz a tona alguns questionamentos, tais como: se a história da ciência pode contribuir para o aprendizado significativo das equações e relações entre os conceitos, leis e princípios, e se melhora o interesse do aluno no ensino de Física. Somente a pesquisa sobre o uso de materiais didáticos no ensino poderá responder a esses questionamentos.

O uso da HFC é didaticamente interessante, pois: desmistifica a ciência, como a dona da verdade, que não pode ser questionada; serve também, para apresentar ao aluno que o desenvolvimento da ciência depende e faz parte de um contexto histórico e filosófico.

Na apresentação do conteúdo da Energia Mecânica, utilizamos alguns fatos históricos, com o intuito de apresentar o desenvolvimento e os avanços científicos que ocorreram com a utilização de diversas fontes energéticas, e que este desenvolvimento científico parte de uma necessidade humana, inicialmente primitiva, como: alimentação, aquecimento e fonte de alimentação, passando para outro nível de necessidade, como o de melhorar o conforto e a otimização do trabalho.

2.3 LABORATÓRIO DIDÁTICO (LD)

O Laboratório Didático (LD) é considerado um espaço escolar onde são estudados e apresentados conteúdos de forma experimental (MARINELI; PACCA, 2006). Entende-se aqui por espaço não necessariamente um local fixo com instrumentos e kits de última geração, podendo até sê-lo, mas o espaço no sentido que queremos ressaltar, tem um significado mais amplo. Pode ser considerado também no sentido temporal, como momentos ou ocasiões que forneçam a possibilidade da apresentação dos conteúdos da Física, utilizando a experiência para explorar as teorias e conceitos físicos, criando oportunidades para os alunos medirem grandezas físicas, testarem e comprovarem algumas de suas leis, aprender o manuseio de equipamentos e instrumentos de medidas, como também investigarem situações problemas (BORGES, 2002).

Historicamente é constatado que a experimentação fez, e ainda faz, parte do processo evolutivo da Física (ROSA, 2003). Devido à Física caracterizar-se como uma ciência que

estuda a natureza, o uso da experimentação contribui bastante na compreensão dos fenômenos naturais. Seguindo este raciocínio, se a Física utiliza-se desta para o seu desenvolvimento, então por que não utilizá-la para o ensino? São diversos benefícios que o uso do Laboratório Didático (LD), traz no ensino básico e no superior, tal constatação é considerada pela grande maioria dos professores de Física, quase que de forma consensual, e dificilmente encontra-se professor que negue isto (PINHO ALVES, 2000b). Outra constatação importante é que a experimentação no ensino de Física possibilita aos alunos associarem os conceitos e teorias com exemplos e aplicações práticas. Podemos então dizer que esta pode “favorecer o estabelecimento de um elo entre o mundo dos objetos, o mundo dos conceitos, leis e teorias e o das linguagens simbólicas” (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 30).

O Laboratório Didático (LD) para o ensino de Física pode ser concebido com diferentes denominações que dependem da forma que será inserido no processo de ensino. Pinho Alves (2000a) faz um resgate destas denominações do LD, classificando-os como: laboratório de demonstrações; laboratório tradicional; laboratório biblioteca; laboratório “Fading”²; laboratório prateleira de demonstração; laboratório circulante; laboratório de projetos; laboratório divergente; laboratório programado e laboratório de múltiplas ações (Saad³). Nosso objetivo não é entrar em detalhes nos diversos tipos de laboratório, no entanto, vamos destacar o laboratório de demonstrações e o laboratório tradicional, pois são os mais utilizados no ensino de Física (PINHO ALVES, 2000b).

O laboratório de demonstrações é caracterizado por uma participação restrita do aluno, sendo considerado como um mero espectador, já o professor é considerado como ator principal, cabe a ele a montagem e operação dos equipamentos (PINHO ALVES, 2000a). O laboratório de demonstrações geralmente é utilizado como introdução a conteúdos, servindo como elemento motivador. O uso de demonstrações experimentais, em sala de aula, também promove uma interação entre alunos e professores, favorecendo a construção do conhecimento (LIMA, 2012).

Alguns livros didáticos de Física do Ensino Médio já trazem algumas atividades práticas a título de demonstração, mas geralmente são suplementos que vem no fim do capítulo ou da unidade, que o professor utiliza dependendo da disponibilidade de tempo (PINHO ALVES, 2000a). O uso do laboratório desta forma pode ser justificado por número insuficiente de equipamentos e instrumentos, por pouco tempo para realizar experiências ou por falta de espaço físico apropriado.

² Laboratório Fading – Diferentemente do laboratório tradicional, neste existe a margem para experimentos formuladas pelo aluno, assim como ocorre em laboratórios de pesquisa (PINHO ALVES, 2000a).

³ Saad – Laboratório proposto por Saad (1983, apud PINHO ALVES, 2000a), que implica a coexistência de várias atividades.

Segundo Pinho Alves (2000a), o laboratório tradicional é bastante utilizado. Neste tipo de laboratório a responsabilidade é do aluno, geralmente trabalhando em grupos. A característica principal deste laboratório é que a atividade acompanha um roteiro guia, organizado e estruturado para o aluno seguir os procedimentos passo a passo. Outro elemento importante, e por vezes supervalorizado, é a apresentação do relatório da experiência. Neste tipo de laboratório o aluno adquire competências e habilidades para utilizar e manusear os instrumentos de medidas e equipamentos de laboratório, também serve para dar suporte às aulas teóricas, ajudando na verificação das leis e princípios. Faz parte da experiência o levantamento de dados, elaboração de tabelas e gráficos, o cálculo dos erros experimentais e a análise dos resultados. O professor apenas dá as diretrizes iniciais do experimento e depois supervisiona a sua execução.

Apesar das diferentes formas de utilização do laboratório, do quase consenso do seu uso e do fato de que muitas escolas possuem o laboratório de ciências, é verificado que a maioria desses laboratórios não é utilizada. Algumas das razões citadas pelos professores para não utilizar o laboratório são: não existem atividades preparadas para uso do professor; faltam recursos para compra de componentes e reposição; falta tempo para planejamento; laboratório fechado e sem manutenção (BORGES, 2002).

Uma alternativa, a implementação do laboratório didático, é a utilização de programas e aplicativos, que simulam alguns fenômenos físicos. São programas conhecidos como simuladores, que são utilizados com o fim pedagógico. Pois o uso desses programas possibilitam diversas situações e repetições de fenômenos físicos, que talvez fosse difícil realizá-las de forma experimental, em sala de aula, por falta de equipamentos, instrumentos e estrutura adequada. Essa tecnologia, e outras, serão discutidas a seguir.

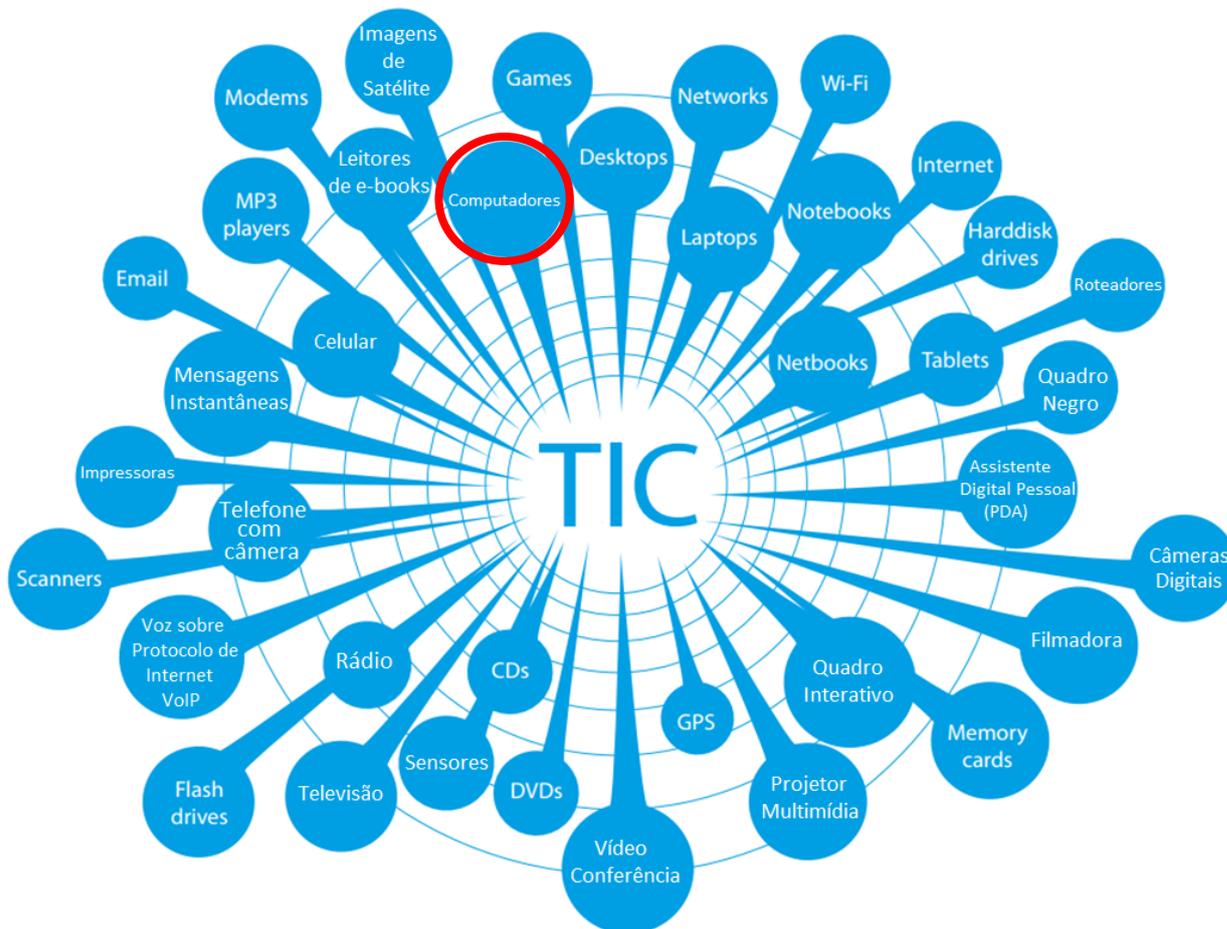
2.4 TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC)

É percebida a presença das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nos mais diversos setores da sociedade, tal presença permitiu considerados avanços, como por exemplo, na medicina, com análise e diagnóstico dos pacientes com o uso de equipamentos tecnológicos, também podemos citar os avanços na produção industrial e agrícola, nas pesquisas científicas, entre outros. As TIC também assumem um papel importante na educação, mesmo ainda sendo utilizada de forma acanhada.

As TIC são as tecnologias que permitem capturar, interpretar, armazenar e transmitir informações, ou seja, a TIC é um termo abrangente que inclui toda a gama de ferramentas por meio do qual podemos gravar e armazenar informações, e por meio do qual podemos trocar

informações e distribuir para os outros (UNESCO, 2010). A Figura 2 apresenta alguns exemplos das TIC.

Figura 2 - Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).



Fonte: UNESCO (2010, p.4), adaptado pelo autor.

Como podemos ver na Figura 2, existem várias tecnologias que compõem as TIC. Podemos destacar algumas que podem ser utilizadas nas escolas, como por exemplo: quadro negro, televisão, DVD, rádio, CD, tablet, celular, projetor multimídia e computadores. Mas existe um leque de TIC que ainda podem ser aplicadas nas escolas.

Diante disto concordamos com a seguinte visão:

O universo das tecnologias de informação e comunicação apresenta-se – ou impõe-se – nesse momento, como um imenso oceano, ainda inexplorado, desconhecido para muitos educadores; fascinante e cheio de possibilidades para outros (RODRIGUES, 2009, p. 2).

Apesar de muitos professores não conhecerem esse “universo” das TIC, principalmente no ensino de Física, existem algumas pesquisas realizadas sobre as aplicações e implicações do uso das TIC na educação (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003; ROSA, 1995; SANTOS; OTERO; FANARO, 2000; MEDEIROS; MEDEIROS, 2000; VEIT; TEODORO, 2002; VALENTE, 1999; PAPERT, 1994). Elas indicam que a utilização das TIC pode contribuir

com o processo educativo, ajudando a superar algumas dificuldades (ou pelo menos minimizá-las).

O computador destaca-se entre as TIC mais citadas e pesquisadas no ensino de Física. Para Fiolhais e Trindade (2003), as principais formas de utilização do computador no ensino de Física são: aquisição de dados por computador; modelização e simulação; multimídia; realidade virtual; e uso da Internet. No próximo Capítulo iremos tratar esta temática com mais profundidade, pois faz parte da nossa pesquisa a utilização do computador junto com o programa *Modellus*.

É importante ter em mente que para concretizar a aplicação das abordagens no ensino de Física, vistas neste capítulo, é necessário que o professor esteja aberto para atualizar o seu saber docente, definido como “um saber plural, formado pelo amálgama, mais ou menos coerente, de saberes oriundos da formação profissional e de saberes disciplinares, curriculares e experienciais” (TARDIF, 2011, p.36).

No próximo Capítulo iremos tratar com mais detalhes o uso do computador e o software que utilizamos na pesquisa.

3. O COMPUTADOR E O ENSINO DE FÍSICA: SIMULAÇÃO E MODELAGEM COMPUTACIONAL⁴

Neste capítulo discorreremos um pouco mais sobre a presença das TIC na educação, colocando em evidência o uso do computador para o ensino de Física, principalmente, no requisito simulação e modelagem computacional. Por isso, começaremos com algumas considerações do uso do computador no ensino brasileiro, as dificuldades e possibilidades do uso do computador no ensino, depois relatamos sobre o foco do nosso de trabalho, ou seja, a utilização do computador como uma ferramenta pedagógica dando ênfase aos softwares educativos, em que apresentamos a temática da avaliação dos softwares educativos e por fim a nossa proposta, que é a utilização do software *Modellus* como uma ferramenta cognitiva para auxiliar a internalização de conhecimento simbólico.

3.1 O USO DO COMPUTADOR NO ENSINO: FRAGMENTOS HISTÓRICOS

De acordo com Nascimento (2007), no ano de 1971, aconteceu um seminário na USP de São Carlos em colaboração com a Universidade de Dartmouth/EUA, em que foi discutido, pela primeira vez, o uso de computadores no ensino de Física. Nesta mesma década algumas entidades foram pioneiras na investigação do uso de computadores na educação brasileira, destacando-se a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Em 1973 foi iniciado na UFRJ o uso da informática educativa como tecnologia educacional para alunos da disciplina de Química, com o intuito de desenvolver simulações, enquanto na UFRGS o computador foi utilizado em experimentos simulados de Física, para alunos da graduação (NASCIMENTO, 2007).

Durante a década de 1970 os projetos de informática educativa ficaram limitados às investigações ocorridas em algumas universidades. Foi apenas a partir de 1981, quando foi realizado o I Seminário Nacional de Informática na Educação, promovido pelo MEC (Ministério da Educação), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e SEI (Secretaria Especial de Informática), na Universidade de Brasília (UnB), que a comunidade escolar foi inserida na discussão do uso da informática educativa no Brasil (NASCIMENTO, 2007).

A partir das discussões deste seminário saíram algumas recomendações, destacando-se entre elas as relacionadas com a:

⁴ Este capítulo foi publicado em forma de artigo na revista digital da Secretaria de Estado da Educação da Paraíba, *Revista Compartilhando Saberes*. v.1, n.1, 2014. Disponível em <http://www.sec.pb.gov.br/revista/index.php/compartilhandosaberes/article/view/10>

[...] importância de que as atividades de informática na educação fossem balizadas por valores culturais, sociopolíticos e pedagógicos da realidade brasileira, bem como a necessidade de preavencimento da questão pedagógica sobre as questões tecnológicas no planejamento de ações (NASCIMENTO, 2007, p. 15).

Estas recomendações deixaram claro que existia uma preocupação para que a aquisição e o uso de programas fossem baseados na realidade de valores culturais tipicamente brasileiros e não fossem importados programas que evidenciassem culturas de outros países. Outra preocupação era para que a aquisição de computadores e programas não fosse pressionada pelo mercado, mas que fosse oriunda das necessidades pedagógicas.

Foi a partir deste seminário que surgiu a recomendação de implantação de projetos pilotos em universidades, com o objetivo de desenvolver estudos e pesquisas para subsidiar a Política Nacional de Informática na Educação.

Em 1982 aconteceu o II Seminário Nacional de Informática na Educação, cujo tema foi *O impacto do computador na escola: Subsídios para uma experiência piloto do uso do computador no processo educacional brasileiro, em nível de 2º grau*. A recomendação que se destaca neste segundo seminário é a de que o computador deve ser encarado como um recurso auxiliar no processo pedagógico e não como o fim em si próprio.

Deve-se sempre ter presente os limites do computador como um recurso tecnológico. É um meio auxiliar do processo educacional: jamais deverá ser encarado em si mesmo. Deverá, como tal, submeter-se aos fins da educação e não determina-los. (Seminário de Informática na Educação, I e II, 1982, p.124, apud OLIVEIRA, 1997, p.32).

No entanto, apenas em 1983, a partir das recomendações dos dois seminários, a CE/IE (Comissão Especial de Informática na Educação) apresentou o Projeto Educom (Educação com computadores). A partir daí foram implantados os centros-piloto na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Estes centros-piloto tinham como principal atividade o desenvolvimento de pesquisa sobre o uso da informática na educação, além de dedicarem-se a formação de recursos humanos e da produção de softwares educativos (OLIVEIRA, 1997).

Para dar continuidade a iniciativa de implantação dos computadores no ensino, foi criado em 1986 o Comitê Assessor de Informática e Educação (CAIE/MEC), com o objetivo de assessorar as secretarias estaduais de Educação. Em 1987, este comitê recomendou a aprovação do Programa de Ação Imediata em Informática na Educação de 1º e 2º Graus, com o objetivo de criar uma infraestrutura de suporte junto às secretarias de educação, bem como estimular as aplicações da utilização do computador nos sistemas educativos estaduais e

municipais e incentivar a capacitação de professores para o trabalho com Informática Educativa (OLIVEIRA, 1997).

Daí surgiu o Projeto Formar, que se tratava de um curso de especialização de 360 horas para professores e técnicos das redes municipais e estaduais, com o objetivo de capacitá-los para a implantação e uso dos computadores nas secretarias de Educação às quais estavam vinculados, criando os Centros de Informática Educativa (CIED) (OLIVEIRA, 1997).

Surgiram outros projetos e programas voltados para o incentivo da utilização do computador na educação, como o Programa Nacional de Informática Educativa (PRONINFE), em 1987, que tinha como atividades a capacitação de professores e técnicos; o desenvolvimento de pesquisa científica; a implantação de centros de informática educativa; e a produção, aquisição e avaliação de softwares educativos.

Em 1997 foi criado o Programa Nacional de Informática na Educação (ProInfo), com o objetivo de impulsionar o uso pedagógico de Tecnologias de Informática e Comunicações (TIC) na rede pública de ensino fundamental e médio. (NASCIMENTO, 2007).

Em 2010 foi criado o Programa um computador por aluno (PROUCA) que tem por objetivo promover a inclusão digital pedagógica e desenvolver dos processos de ensino mediante a utilização de computadores portáteis.

Como podemos perceber, o uso do computador com fins educativos aqui no Brasil faz parte de uma história recente, pouco mais de 40 (quarenta) anos atrás. Apesar dos diversos incentivos para a utilização do computador em sala de aula e dos programas e projetos por parte do governo, os benefícios e as contribuições do uso do computador ainda não são conhecidos pela maioria dos professores.

Nestes últimos anos as tecnologias evoluíram com uma velocidade maior do que os estudos e pesquisas realizados sobre a sua utilização com fins pedagógicos. Isso é o que nos incentivou a realizar esta pesquisa, pois apesar das muitas pesquisas sobre esta temática, percebemos a necessidade de novas reflexões e estudos, pois a tecnologia a cada dia proporciona novas possibilidades de aplicações no campo educacional, trazendo novas questões de pesquisas, tornando-se sempre um tema atual.

3.2 O COMPUTADOR E O ENSINO: DIFICULDADES E POSSIBILIDADES

Como vimos na seção anterior, os primeiros passos do computador na Educação brasileira remonta à década de 1970, mas a ideia de utilização do computador no ensino teve início na década de 1950, com a proposta de Skinner de criar uma máquina de ensinar, sendo concretizada no início dos anos de 1960. De lá para cá muitas coisas mudaram. O computador tornou-se mais acessível à população, surgiram diversos tipos de aplicação dentro da sociedade e foram desenvolvidos softwares educativos. Conforme pesquisa recente do Censo Escolar de 2012 (BRASIL, 2013), mais de 90% das escolas públicas de nível médio possuem computadores conectados à Internet. Percebemos que existe um esforço e investimentos por parte do governo brasileiro em levar o computador para as escolas públicas. Recentemente algumas escolas públicas de nível médio receberam tablets, com o objetivo de serem utilizados no processo educativo.

Contudo, ainda existem muitas barreiras a serem superadas. Levy (1993) chama a atenção para a observação e o estudo da utilização do computador nas escolas e destaca a dificuldade de implementação dessa tecnologia no contexto escolar.

É certo que a escola é uma instituição que há cinco mil anos se baseia no falar/ditar do mestre, na escrita manuscrita do aluno e, há quatro séculos, em uso moderado da impressão. Uma verdadeira integração da informática (como do audiovisual) supõe portanto o abandono de um hábito antropológico mais que milenar, o que não pode ser feito em alguns anos (LEVY, 1993, p. 8-9).

Como podemos perceber, essa transição que a escola está passando, não acompanha o ritmo frenético de mudanças que a sociedade está vivenciando, pois a educação está fundamenta há séculos em uma prática que pouco sofreu alterações.

Vale salientar, que os processos de mudança da educação primam pela morosidade. Isso é uma característica que pode ser considerada positiva, pois vivemos em um mundo de mudanças onde a obsolescência é um fator predominante, portanto, deve-se ter o cuidado de introduzir as inovações tecnológicas na educação, que tenham sido testadas e pesquisadas, e que estejam realmente sedimentadas.

Por isso, na tentativa de integrar os computadores na escola, eles devem em geral ser introduzidos para atingir objetivos educacionais específicos (PAPERT, 1994). Desta forma, pode-se, aos poucos, inovar os procedimentos metodológicos no ensino, modificando a cultura escolar. Mas para que isso aconteça “é necessário que os professores desenvolvam a habilidade de beneficiarem-se da presença dos computadores e de levarem este benefício para seus alunos” (PAPERT, 1994, p. 70). Por esta razão, consideramos importante a implementação das tecnologias na formação dos professores, fortalecendo e ampliando os

saberes docentes (TARDIF, 2011).

Valente (1999) salienta que, a implantação do uso do computador na escola, com a proposta de mudanças pedagógicas, não é um ato simples, pois, além da necessidade do professor dominar o computador e o software, ele tem que possuir a capacidade de “desenvolver conhecimento sobre o próprio conteúdo e sobre como o computador pode ser integrado no desenvolvimento desse conteúdo” (VALENTE, 1999, p.9).

O mesmo autor afirma que o computador, quando inserido na escola, poderá ser utilizado com uma abordagem pedagógica baseada nos métodos tradicionais, onde o mesmo servirá apenas para a transmissão de informação, ou poderá ser utilizado num outro tipo de abordagem, criando condições para que o aluno construa o seu próprio conhecimento, esta última também proposta por Papert (1994).

Nesta perspectiva, que o aluno utilizando o computador possa ter condições de construir o seu conhecimento, Moreira (1983) defende que o professor tenha atenção nos conhecimentos prévios que o aluno leva para sala de aula e que, partindo desses conhecimentos, o professor possa organizar e estruturar unidades de ensino com situações potencialmente significativas.

Uma das maneiras que tal situação pode ser gerada é utilizando os softwares de modelagem e simulação. Valente (1999) destaca as principais características desses tipos de software:

Ao usuário da simulação, cabe a alteração de certos parâmetros e a observação do comportamento do fenômeno, de acordo com os valores atribuídos. Na modelagem, o modelo do fenômeno é criado pelo aprendiz, que utiliza recursos de um sistema computacional para implementá-lo. Uma vez implementado, o aprendiz pode utilizá-lo como se fosse uma simulação (VALENTE, 1999, p.95).

Nesse sentido, Teodoro (2002) afirma que “a física é a ciência que constrói modelos e explicações acerca do universo físico”, e dentre esses modelos ele destaca os modelos matemáticos de representação dos fenômenos físicos, que por vezes é de difícil aprendizagem para os alunos. Teodoro (2002) apresenta, na sua tese de doutorado, um programa de modelação e experimentação, conhecido por *Modellus*, que tem uma interface simples e que permite a professores e alunos criar e utilizar modelos e simulações sem a necessidade de conhecimento profundo de alguma linguagem de programação.

Porém, cabe ao professor, escolher o tipo de software que será utilizado para o ensino, considerando os objetivos educacionais propostos. Para isto, é importante que o professor avalie os softwares que estão disponibilizados, assim como o fazem na escolha do livro didático. Nesse sentido, iremos fazer uma breve explanação sobre a avaliação de softwares.

3.3 AVALIANDO SOFTWARES

Ao pesquisar sobre a temática relacionada à avaliação de softwares educativos, esbarramos em alguns questionamentos: faz-se necessário a utilização de uma ficha avaliativa? Em quais dimensões a avaliação dos softwares deve estar situada? Qual a importância do professor na avaliação e construção da ferramenta avaliativa? Para tentar esclarecer esses questionamentos que nos afligiu, fizemos a leitura de alguns textos relacionados à avaliação de softwares educativos que referenciaremos a seguir.

Viera (1999) apresenta uma sugestão de ficha de registro para avaliação de softwares educativos, além de fornecer uma fundamentação teórica da classificação dos mesmos, baseada nos estudos de Valente. Mas antes de avaliar um software educativo, que critérios qualificariam um determinado software em educativo ou não?

Os softwares educativos pode ser definido como

um sistema computacional e interativo, intencionalmente concebido para facilitar a aprendizagem de conceitos específicos, por exemplo, conceitos matemáticos ou científicos. Na interface de uma aplicação deste tipo, conceitos são representados metaforicamente e as ações realizadas sobre os elementos da interface fazem refletir sobre os conceitos ou suas propriedades (GOMES; PADOVANI, 2005, p.2).

Porém, Fino (2003) destaca que, do ponto de vista do computador, “todo software é apenas software”, quem decide em última instância se um software é educativo, ou não, é o professor. Portanto, cabe ao professor um papel de fundamental importância na avaliação dos softwares educativos. Tomando como indicativo os pressupostos do Projeto Pedactice⁵, Costa (2004, p. 45) destaca que é essencial o envolvimento e participação dos professores, para “à análise e reflexão sobre o potencial pedagógico do software e outras aplicações disponíveis, em vez de lhes fornecer apenas os resultados da avaliação enquanto produto acabado”.

Nesta perspectiva, Costa (2004) fornece algumas sugestões e recomendações sobre a avaliação de um software educativo, sublinhando a importância dos professores nesse processo e dando ênfase na avaliação dos juízos de valor qualitativos e descritivos. Segue abaixo, algumas dessas recomendações.

1º A avaliação da qualidade de um software educativo deve ter como base uma perspectiva multidimensional, articulando as dimensões psicológica, curricular, didática e tecnológica, conjugando diferentes vertentes associadas ao processo educativo.

2º A avaliação da qualidade dos softwares educativos poderá ser enriquecida se estruturada em três planos distintos e complementares:

⁵ O Projeto P|E|D|A|C|T|I|C|E, é resultado de uma proposta de articulação dos Programas TSER, Telematics e Socrates, e foi, um dos 46 projetos europeus aprovados pela Comissão Europeia (Educational Multimedia Task Force) no âmbito da iniciativa sobre da utilização educativa das tecnologias multimédia. Outras informações no site: <http://www2.fpce.ul.pt/projectos/pedactice/>

- a) o produto em si mesmo, focando na análise nas características intrínsecas, de forma a concluir sobre o seu “valor absoluto”;
- b) a sua utilização e exploração pedagógica, de forma a concluir sobre o seu “potencial pedagógico”;
- c) as aquisições que proporciona, de forma a poder concluir sobre o tipo e a qualidade da aprendizagem que permite.

3º A avaliação deve valorizar, sobretudo, a finalidade de orientar os professores no conhecimento e possibilidades de uso do software que está à sua disposição, proporcionando a sua efetiva integração no currículo.

Outro ponto importante são as fichas avaliativas de softwares educativos, que podem ser encontradas com determinada facilidade na Internet, dentre as quais, destacamos a ficha de Vieira (1999) e a do Projeto Pedactice, que possuem suas diferenças. A primeira procura classificar o software na concepção teórica da aprendizagem, se construtivista ou behaviorista; quanto ao tipo (tutorial, exercícios e prática, programação, aplicativo, multimídia-Internet, simulação, modelagem e jogos) e avalia quanto aos aspectos técnicos.

A segunda ficha (Projeto Pedactice) apresenta um conjunto de questões orientadoras, organizadas de acordo com os diferentes aspectos: identificação do produto; avaliação enquanto ferramenta de aprendizagem e a apreciação global do produto. Contudo, como avalia Fino (2003), não podemos nos prender a uma determinada ficha de avaliação e tomá-la como referencia para analisar por meio dela a realidade de um software educativo, pois, por mais simples que seja o software, nas fichas de avaliação “há sempre categorias possíveis de análise que não são formuladas, por não caberem no seu alinhamento, ou porque, pura e simplesmente, não nos lembramos delas” (FINO, 2003).

Neste ponto de vista é importante que o professor e/ou pesquisador que irá realizar a avaliação e utilização do software educativo, tenha em mente seus objetivos pedagógicos e curriculares para focalizar o que realmente é necessário e suficiente para atingi-los. Portanto, dependendo destes objetivos a ficha avaliativa poderá ser modificada, criada ou adaptada, conforme a necessidade do professor e/ou pesquisador.

Concordamos com a posição de Costa (2006) em relação à avaliação dos softwares educativos, quando ele afirma que

[...] uma avaliação “contextualizada” e “situada” e que, por isso, deve levar em linha de conta múltiplos e diferenciados aspectos de natureza curricular, como é o caso dos objetivos de aprendizagem visados, da natureza científica, especificidade e nível de complexidade dos conteúdos a tratar, do tipo de estratégias e tarefas propostas, dos professores e alunos concretos, das características específicas do ambiente físico, social e cultural envolvente, entre outros (COSTA, 2006, p.4).

Também reforçamos a ideia de que a avaliação deve ser contextualizada e dentro da proposta pedagógica que a aplicação dos softwares educativos se propõe. Valente (1999) pontua

[...] que a análise de um sistema computacional com finalidades educacionais não pode ser feita sem considerar o seu contexto pedagógico de uso. Um software só pode ser tido como bom ou ruim dependendo do contexto e do modo como ele será utilizado. Portanto, para ser capaz de qualificar um software é necessário ter muito clara a abordagem educacional a partir da qual ele será utilizado e qual o papel do computador nesse contexto (VALENTE, 1999, p.19).

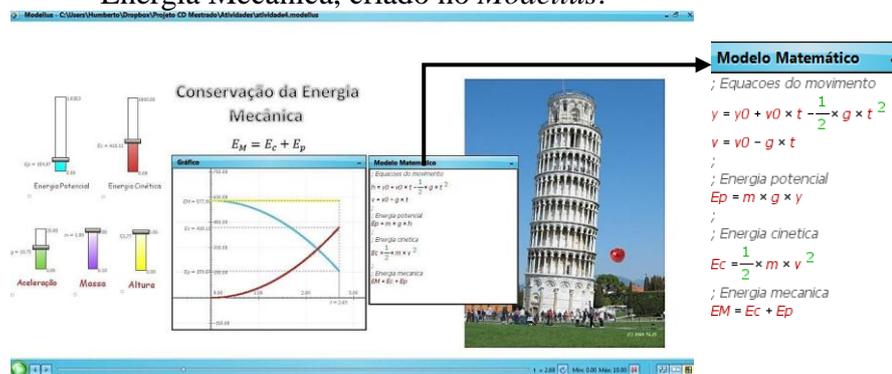
Portanto é com esse olhar que iremos apresentar o software *Modellus*, levando em consideração suas principais características e algumas de suas potencialidades no ensino de Física. Também apresentamos no Apêndice A uma proposta de ficha avaliativa, adaptada a partir dos modelos de Vieira (1999) e do projeto Pedactice.

3.4 SOFTWARE *MODELLUS*

Na perspectiva de utilização do computador como uma ferramenta pedagógica que dê condições ao aluno para construir o seu conhecimento, Teodoro (2002) traz a proposta de utilização do software *Modellus* como uma “ferramenta cognitiva para auxiliar a internalização de conhecimento simbólico”.

O *Modellus* é um software educacional que foi desenvolvido por Teodoro (2002) com o objetivo de criar um ambiente de modelagem e simulação para o ensino de Ciências e Matemática. Esse ambiente de modelagem e simulação dispensa o conhecimento de linguagem de programação, sendo esta uma das principais vantagens do *Modellus*, “sua sintaxe de escrita é praticamente a mesma que se usa ao escrever um modelo no papel, tanto para funções quanto para equações diferenciais ordinárias” (VEIT e TEODORO, 2002, p. 90). A título de exemplificação ver Figura 3.

Figura 3 - Modelo matemático para o estudo da conservação da Energia Mecânica, criado no *Modellus*.



Fonte: Produção do próprio autor.

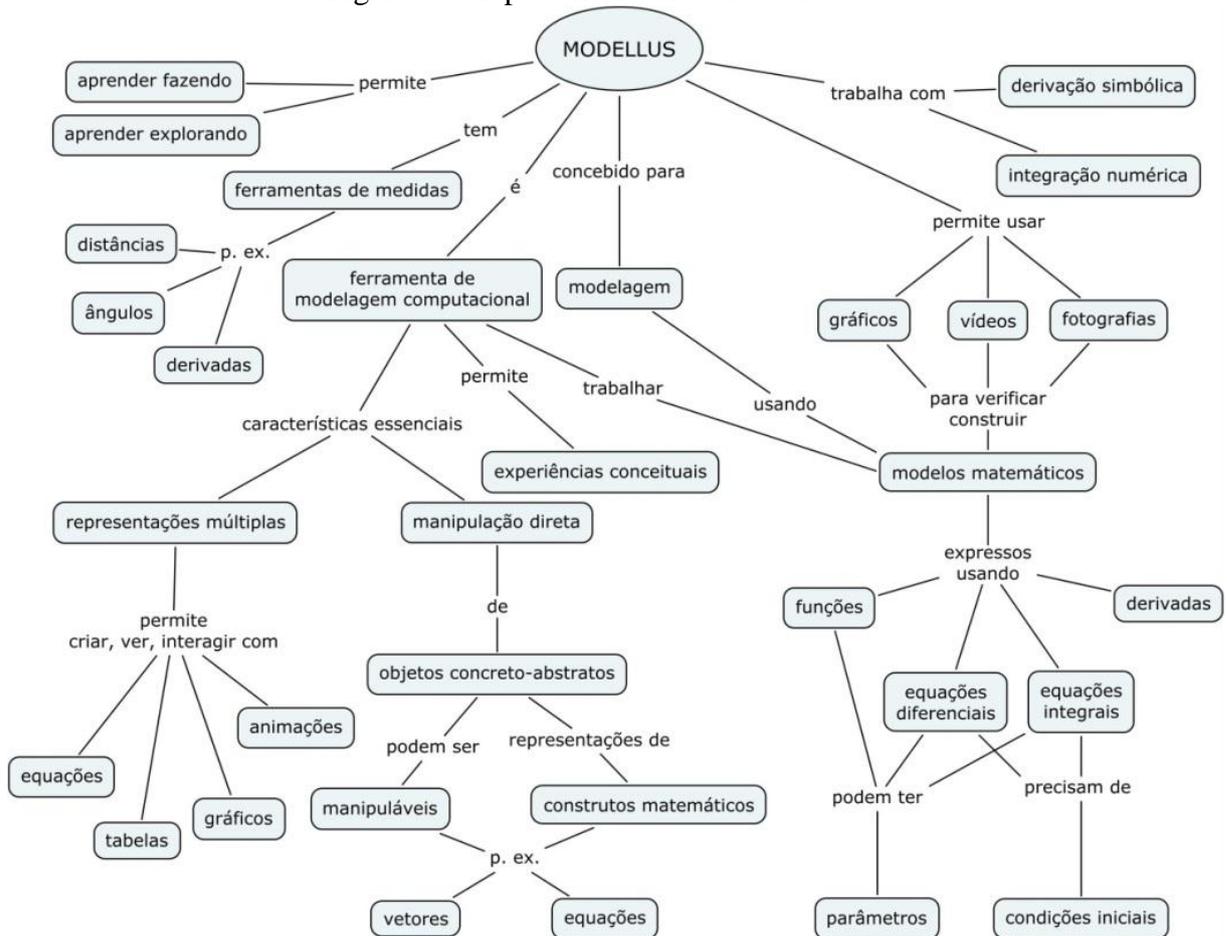
Outra característica importante que o software *Modellus* traz é a possibilidade de múltiplas representações de um fenômeno físico (VEIT; TEODORO, 2002). O aluno pode observar o fenômeno de diversas maneiras, utilizando-se da representação: vetorial, gráfica, estroboscópica, de tabelas, do modelo matemático e da simulação. Algumas dessas representações encontram-se na Figura 3.

Usando o *Modellus* é possível utilizar a proposta de ensino investigativo para apresentação de alguns conteúdos da Física, pois ele permite que o aluno, através da simulação, possa investigar e modificar alguns parâmetros das grandezas físicas. Por exemplo, o aluno pode modificar a aceleração de um corpo em movimento e verificar o que ocorre com o mesmo e, através destas observações, poderá refletir sobre o fenômeno Físico simulado.

O manuseio do software *Modellus* pode ajudar os alunos a adquirirem algumas competências científicas, preconizadas pelo PCN+ (BRASIL, 2002), como a investigação e compreensão dos fenômenos físicos; reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais.

O *Modellus* é um programa que permite ao aluno aprender fazendo e aprender explorando, ou seja, o aluno pode criar seus próprios modelos ou explorar modelos criados pelo professor. O programa possui ferramentas para medidas de distâncias, ângulos e derivadas, e pode trabalhar com derivação simbólica e integração numérica. Ele também permite usar gráficos, fotografias e imagens de vídeo para verificar ou construir modelos matemáticos usando funções, equações diferenciais, equações integrais e derivadas, podendo alterar os parâmetros e as condições iniciais. Pode-se dizer que o *Modellus* é uma ferramenta de modelagem computacional que tem como características essenciais a representação múltipla e a manipulação direta de objetos concreto-abstratos: concretos porque podem ser manipulados diretamente no computador; abstratos porque são representações de ideias ou relações (HEBENSTREIT, 1987 *apud* TEODORO, 2002). Todas essas características estão apresentadas na Figura 4, que representa um mapa conceitual sobre o *Modellus*.

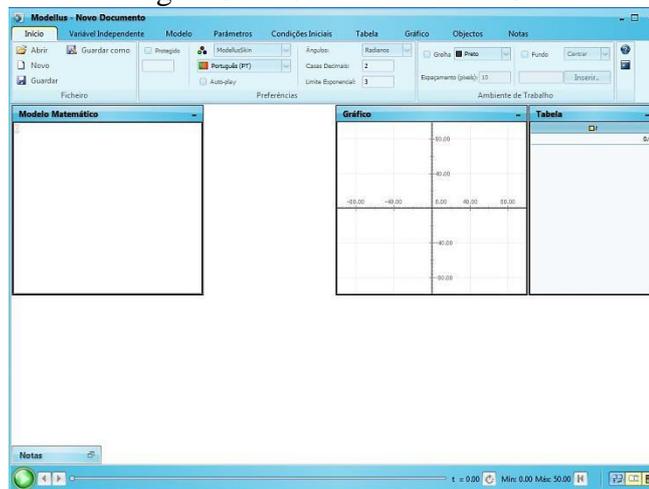
Figura 4 - Mapa conceitual sobre o *Modellus*



Fonte: Veit e Teodoro (2002, p. 91).

O *Modellus* pode ser encontrado nas versões 2.01, 2.5, 3 e 4.01⁶, no nosso estudo utilizamos esta última. A Figura 5 representa a tela inicial do *Modellus*.

Figura 5 - *Modellus* versão 4.01



Fonte: Produção do próprio autor.

⁶ Pode ser baixado diretamente do site oficial do Modellus (<http://modellus.fct.unl.pt/>), mediante um cadastro.

O *Modellus* possui uma janela chamada Modelo Matemático, é nela que será escrito e editado o modelo matemático, do fenômeno em estudo. Ele também possui uma janela de notas, na qual poderão ser adicionadas algumas informações sobre o modelo como, por exemplo, autor, data de criação, objetivo do modelo, questão ou problema a ser explorado. O *Modellus* também possui uma janela para representação gráfica do comportamento das grandezas físicas utilizadas no modelo matemático. Esta representação poderá ser dependente do tempo ou de outra grandeza, por exemplo: pode-se gerar um gráfico que mostre a relação entre a energia cinética de um corpo com sua velocidade, ou pode-se apresentar em um mesmo gráfico duas ou mais grandezas em relação ao tempo (Figura 3), na mesma janela representamos as energias cinética e potencial em função do tempo de queda.

Na janela de tabelas é possível gerar uma tabela com os valores das grandezas físicas do modelo e é permitido importá-la para uma planilha de cálculo. Na área de trabalho poderão ser criadas as simulações, inserindo-se objetos a partir das abas, como, por exemplo: partículas, vetores, textos, indicadores de nível, variáveis, imagens e objetos geométricos. Nas abas também se encontram as opções: de salvamento, de abrir e criar modelos, de alterar o passo da variável independente, de inserir elementos matemáticos, dos parâmetros e condições iniciais, entre outras. Para maiores detalhes do *Modellus* ver o Apêndice B.

Diante do exposto, concluímos que a utilização do computador no ensino é uma tendência que aos poucos entra na cultura escolar, ocupando um lugar importante no processo de ensino-aprendizagem. Porém, a sua permanência e eficácia só será possível com a participação e empenho dos professores e, para que isto aconteça, eles devem, pelo menos, permanecer em constante formação, procurando estar a par das novas tecnologias e suas possíveis aplicações ao ensino.

Existem diversos tipos de software produzidos com o objetivo principal de serem aplicados na educação, diante disto, ao pesquisar softwares para o ensino de Física, indicamos o software *Modellus*, pois ele é um software de livre distribuição e de fácil acesso.

Existem outros estudos, no Brasil, da utilização do *Modellus* no ensino de Física. Como o trabalho de Veit e Teodoro (2002) que discute a importância da modelagem no ensino/aprendizagem de Física, considerando os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio; Dorneles, Araujo e Veit (2006, 2008) analisam as diferentes concepções dos alunos sobre os conceitos básicos de eletricidade, utilizando atividades de simulações criadas no *Modellus*; Mendes, Costa e Souza (2012) investigam o uso concomitante de simulações computacionais, criadas no software *Modellus*, com atividades experimentais, em alguns tópicos de mecânica; Oliveira e Linhares (2005) propõe a verificação da viabilidade do

software Modellus como recurso complementar, motivador e facilitador na aprendizagem de conteúdos de Física; Araujo (2002) investiga o desempenho de estudantes, quando são expostos a atividades complementares de modelagem computacional na aprendizagem de Física, em relação à interpretação de gráficos da cinemática, utilizando o software Modellus; Santos, Alves e Moret (2006) verificam o uso do Modellus como ferramenta mediadora do ensino de Física.

A nossa pesquisa diferencia-se das demais, por se tratar de um estudo de caso observacional, em que utilizamos a temática da Energia Mecânica, para analisar a aplicação de um conjunto de atividades de simulações, criadas, organizadas e sequenciadas de acordo com os princípios da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

4. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

Em 1963 Ausubel lançou seu primeiro livro sobre a aprendizagem significativa, *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, sendo sua primeira tentativa de elaboração de uma teoria cognitiva de aprendizagem significativa em confronto com a aprendizagem mecânica (AUSUBEL, 2003). Já em 1963 Ausubel destacou que a variável mais importante da estrutura cognitiva do aluno são os conhecimentos que eles já sabem, pois tais conhecimentos influenciam a aquisição e a retenção de novos conhecimentos (AUSUBEL, 2003). No livro *Psicologia Educacional*, a teoria da aprendizagem significativa é resumida por Ausubel em um único princípio:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isso: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. viii).

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel está fundamentada principalmente naquilo que o aluno já conhece, o ensino deve partir deste conhecimento, este é o fator isolado mais importante. Ausubel vai mais além deste fator, ele defende a aprendizagem por recepção em contraste com a aprendizagem por descoberta, pois, segundo ele, “os alunos adquirem grande parte dos seus conhecimentos primariamente por meio da aprendizagem receptiva” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. ix). As diferenças entre as aprendizagens por recepção e por descoberta serão apresentadas a seguir.

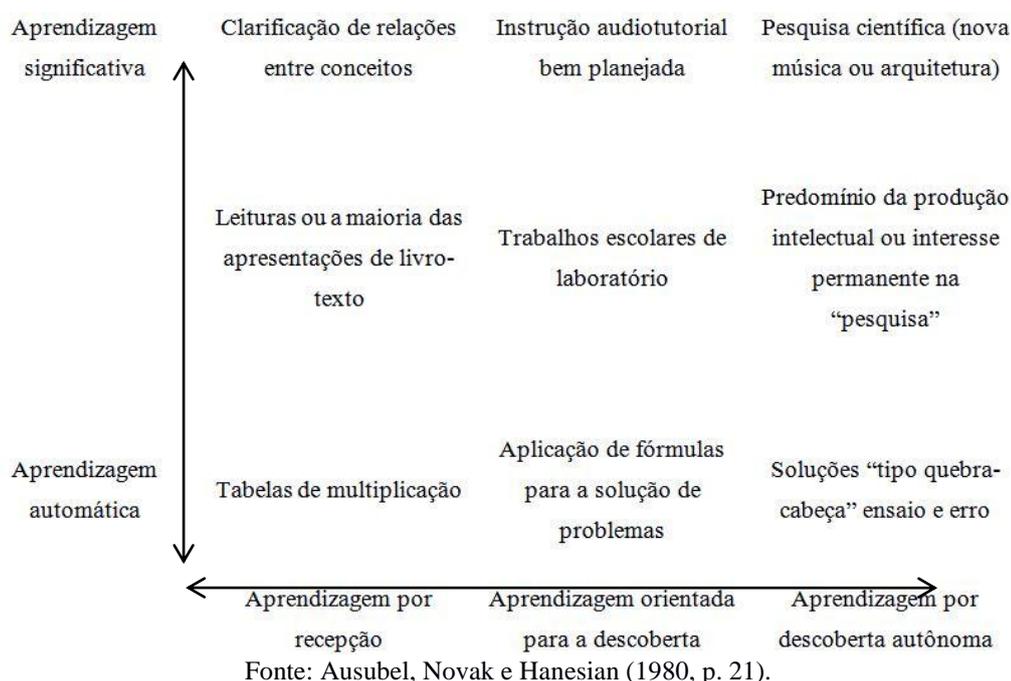
4.1 APRENDIZAGEM POR RECEPÇÃO X DESCOBERTA E SIGNIFICATIVA X MECÂNICA

A diferença entre as aprendizagens por recepção e por descoberta é que na aprendizagem receptiva o conteúdo da tarefa é apresentado ao aluno, enquanto na aprendizagem por descoberta o conteúdo deve ser descoberto pelo aluno. Mas tanto a aprendizagem por recepção como a por descoberta pode ser significativa, desde que o aluno relacione as novas informações adquiridas com ideias relevantes na sua estrutura cognitiva de forma não arbitrária e não literal. Como também ambas as aprendizagens, por recepção ou por descoberta, podem ser mecânicas (automática), se o aluno incorporar as novas informações de maneira arbitrária e literal (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Quanto ao processo de aprendizagem mecânica e de aprendizagem significativa, Ausubel distingue-as basicamente na maneira como as novas informações são incorporadas na estrutura cognitiva do aluno, de forma arbitrária e literal ou de forma não arbitrária e não

literal (AUSUBEL, 2003), como já citado anteriormente. Mas, apesar da diferença entre elas, “a aprendizagem significativa e a por memorização não são, como é óbvio, dicotômicas em muitas situações de aprendizagem prática e podem colocar-se facilmente num contínuo memorização-significativo” (AUSUBEL, 2003, p.5). A Figura 6 esquematiza as relações entre as aprendizagens por descoberta e receptiva e entre as aprendizagens significativa e automática (mecânica).

Figura 6 - Contínuos entre aprendizagem receptiva e aprendizagem por descoberta e entre aprendizagem automática e aprendizagem significativa.



Para Ausubel (1980), a principal forma de aquisição de grande parte do conhecimento, tanto dentro como fora da sala, é através da aprendizagem por recepção significativa. Nela

o conteúdo daquilo que vai ser aprendido é geralmente apresentado ao aluno sob uma forma mais ou menos final, acabada. Sob essas circunstâncias, se exige do aluno simplesmente compreender o assunto e incorporá-lo à sua estrutura cognitiva, de modo que fique disponível, ou para reprodução, ou para ser relacionado a uma nova informação, ou para solução de problema de alguma ocasião futura (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 98).

Existem alguns teóricos da educação que levantam críticas a aprendizagem por recepção, justificando-se que o conhecimento novo só pode ser adquirido se for fruto de um produto da atividade de solução de problemas ou ainda que toda forma de verbalismo de conceitos é inútil se os alunos não tiverem uma experiência prévia dos construtos utilizados (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Ausubel (2003) contra-argumenta essas críticas afirmando que elas são referenciadas a exemplos de uso abusivo da técnica que não levam em consideração as condições do aluno e

das disciplinas, além de existir uma confusão entre alguns teóricos da educação sobre as diferenças entre a aprendizagem por recepção e pela descoberta, e entre a aprendizagem por memorização e significativa.

Ausubel (2003) distingue três tipos de aprendizagem por recepção significativa:

- A aprendizagem representacional “ocorre sempre que o significado dos símbolos arbitrários se equipara aos referentes (objetos, acontecimentos, conceitos) e tem para o aprendiz o significado, seja ele qual for, que os referentes possuem” (AUSUBEL, 2003, p. 1). Este é o aprendizado mais básico e todos os outros dependem dele. Quando a criança aprende o que a palavra (símbolo) significa ou representa e consegue associá-la ao objeto ou conceito, este processo é chamado de aprendizagem representacional (AUSUBEL, 2003).

- A aprendizagem conceitual é também uma forma de aprendizagem representacional, pois os conceitos, que são representações de unidades genéricas ou ideias categóricas, são representados por símbolos (palavras ou nomes), mas diferencia-se da representacional por não se tratar apenas de nomear. A aprendizagem conceitual é mais substantiva, pois “os atributos de critérios de um novo conceito se relacionam com as ideias relevantes na estrutura cognitiva, para darem origem a um novo significado genérico, mas unitário” (AUSUBEL, 2003, p. 85).

- A aprendizagem proposicional “refere-se aos significados de ideias expressas por grupos de palavras combinados em proposições ou frases” (AUSUBEL, 2003, p. 85). Neste tipo de aprendizagem a nova proposição ou frase é relacionada com a estrutura cognitiva, originando um novo significado. A relação criada entre as novas ideias com as ideias preexistentes e relevantes na estrutura cognitiva do aluno não é uma forma simples de relação, ela é uma relação substantiva e não arbitrária, produzindo uma modificação tanto das novas ideias como das ideias relevantes que se relacionaram. Essa relação entre o novo conteúdo (ou ideias) com o conteúdo existente na estrutura cognitiva pode ocorrer de forma subordinada, subordinante ou combinatória.

4.2 RELAÇÃO ENTRE OS NOVOS CONTEÚDOS COM IDEIAS EXISTENTES NA ESTRUTURA COGNITIVA

A aprendizagem por recepção significativa acontece quando os novos conteúdos se relacionam, de forma não-arbitrária e substantiva (não literal), com ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva do aluno.

A não arbitrariedade significa que os novos conteúdos se relacionam com conhecimentos específicos e relevantes da estrutura cognitiva, ou seja, a aprendizagem por recepção significativa será efetivada se os novos conteúdos e conhecimentos adquiridos estiverem relacionados, de alguma forma, com conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Tais conhecimentos são chamados por Ausubel (2003) de subsunçores.

Quanto à forma substantiva (não literal), significa dizer que os novos conteúdos não precisam ser expressos (reproduzidos) com as mesmas palavras (símbolos) que foram apresentados, mas, podem ser utilizadas palavras (símbolos) equivalentes que expressem o mesmo significado (AUSUBEL, 2003). O aluno não precisa repetir com as mesmas palavras o que aprendeu, mas deve conseguir exprimir o novo conhecimento, com suas próprias palavras.

Esse processo de aprendizagem por recepção significativa pode ser realizado de forma subordinada, subordinante ou combinatória. Vamos apresentar, brevemente, essas formas de aprendizagem significativa.

4.2.1 Aprendizagem subordinada

Quando o aluno relaciona (ou ancora) a nova informação (conteúdo) com ideias mais abrangentes e inclusivas da sua estrutura cognitiva, acontece a aprendizagem subordinada (ou por subsunção). Segundo Ausubel (2003), a tendência natural da estrutura cognitiva é procurar se organizar de forma hierárquica, em nível de abstração, generalidade e inclusão das ideias. Portanto, a assimilação de novas informações tem a tendência de serem subordinadas à ideias mais subordinantes da estrutura cognitiva dos alunos e, uma vez assimiladas, se organizam de forma hierárquica com as ideias existentes na estrutura cognitiva (ver esquema no Quadro 1).

A aprendizagem subordinada distingue-se em dois tipos básicos: subsunção derivativa e subsunção correlativa. A diferença entre elas é que na subsunção derivativa a nova informação é associada com uma ideia pré-existente na estrutura cognitiva, não alterando-a, servindo apenas como uma extensão ou exemplo da ideia subordinante. Na subsunção correlativa, a nova informação será assimilada ampliando ou alterando a informação mais

subordinante pré-existente na estrutura cognitiva.

Podemos tomar como exemplo para a aprendizagem por subordinação quando são apresentados ao aluno alguns tipos de energia (energia eólica, energia luminosa, energia elétrica, energia nuclear, energia solar, energia térmica, energia hidrelétrica, energia cinética, energia potencial), desde que o aluno já possua de maneira clara o conceito de energia. A aprendizagem subordinada é uma aprendizagem que tem como característica a análise ou diferenciação das ideias.

4.2.2 Aprendizagem subordinante

A aprendizagem é dita subordinante quando o novo conhecimento subordina algumas das ideias pré-existentes da estrutura cognitiva do aluno. Neste caso, o novo conceito é mais geral e inclusivo do que as ideias existentes na estrutura cognitiva do aluno, podendo ocorrer uma interação entre essas ideias. Este tipo de aprendizagem significativa ocorre com frequência maior na aprendizagem de conceitos, “no decurso do raciocínio indutivo, quando se organiza o material apresentado de forma indutiva e se dá a síntese de ideias componentes.” (AUSUBEL, 2003, p. 95).

Para entender melhor veremos um exemplo citado por Moreira (1983). Para apresentar o princípio de conservação da energia, o professor poderia introduzir diversas situações exemplos em que a quantidade total de energia de um sistema permanecesse conservada antes e após uma transformação. Depois de vários exemplos que envolvessem a conservação da energia, o aluno seria capaz de compreender o conceito da conservação de energia a partir dos exemplos. Nesta situação a ideia mais geral é estabelecida a partir dos casos mais específicos. A aprendizagem subordinante é, assim, uma aprendizagem que tem como característica a generalização ou síntese das ideias (ver esquema no Quadro 1).

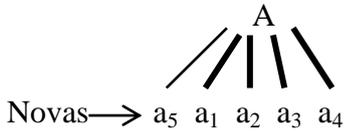
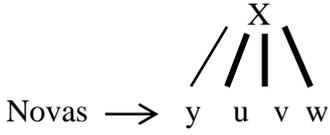
4.2.3 Aprendizagem combinatória

É a aprendizagem significativa de novas proposições ou conceitos que não apresentam uma relação de subordinação e nem uma relação subordinante, com ideias específicas da estrutura cognitiva, mas apresenta relação com um conteúdo amplo relevante na estrutura cognitiva. Este tipo de aprendizagem é mais difícil de acontecer, pois as novas proposições ou conceitos não estão relacionados com conceitos mais específicos ou mais gerais da estrutura cognitiva, mas possuem alguma característica comum com estes conceitos (AUSUBEL, 2003) - ver Quadro 1.

Para Ausubel (2003), a maioria das generalizações que os alunos aprendem em ciências,

matemática, estudos sociais e ciências humanas são exemplos de aprendizagem combinatória como, por exemplo, a relação entre massa e energia.

Quadro 1 - Formas de aprendizagem significativa

<p>1. Aprendizagem Subordinada:</p> <p>A. Subsunção derivativa</p> <p>Na subsunção derivativa, a nova informação a_5 está ligada à ideia subordinante A e representa outro caso ou extensão de A. Os atributos de critérios do conceito A não se encontram alterados, mas reconhecem-se os novos exemplos como relevantes.</p> <p>B. Subsunção correlativa</p> <p>Na subsunção correlativa, a nova informação y está ligada à ideia X, mas é uma extensão, alteração ou qualificação de X. Os atributos de critérios do conceito de subsunção podem alargar-se ou alterar-se com a nova subsunção correlativa.</p>	<p>Ideia estabelecida</p>  <p>Novas → a_5 a_1 a_2 a_3 a_4</p> <p>Ideia estabelecida</p>  <p>Novas → y u v w</p>
<p>2. Aprendizagem Subordinante:</p> <p>Na aprendizagem subordinante, as ideias estabelecidas a_1, a_2, e a_3 reconhecem-se como exemplos mais específicos da nova ideia A e tornam-se ligadas a A. A ideia subordinante A define-se através de um novo conjunto de atributos de critérios que acompanham as ideias subordinadas.</p>	<p>Nova ideia A → A</p>  <p>Ideias estabelecidas a_1 a_2 a_3</p>
<p>3. Aprendizagem Combinatória:</p> <p>Na aprendizagem combinatória, considera-se que a nova ideia A está relacionada com as ideias existentes B, C e D, mas não é mais inclusiva nem mais específica do que as ideias B, C e D. Neste caso, considera-se que a nova ideia A tem alguns atributos de critérios em comum com as ideias preexistentes.</p>	<p>Nova ideia A → B — C — D</p> <p>Ideias estabelecidas</p>

Fonte: Ausubel (2003, p. 111).

Portanto, o processo da aprendizagem significativa pode ocorrer das três formas citadas no quadro 1, de forma subordinada, subordinante ou combinatória.

4.3 DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRADORA

Ocorrem dois processos no decorrer da aprendizagem significativa, classificados por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) como princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora.

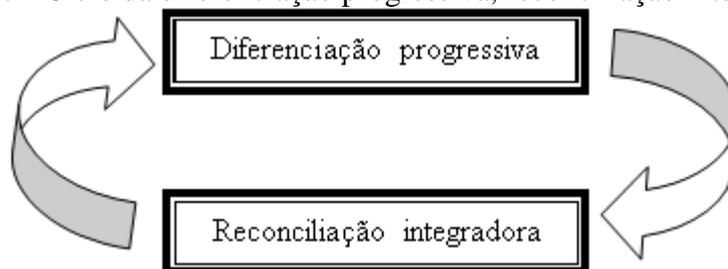
A diferenciação progressiva é o processo que ocorre quando o novo conceito ou proposição aprendido está relacionado com um conceito ou proposição mais inclusivo da estrutura cognitiva (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). É verificado esse processo na aprendizagem subordinada, em especial na subsunção correlativa.

A diferenciação progressiva está balizada em dois pressupostos: primeiramente, é mais fácil aprender os “aspectos diferenciados de um todo, anteriormente aprendido e mais inclusivo, do que formular o todo inclusivo a partir das partes diferenciadas anteriormente aprendidas” (AUSUBEL, 2003, p. 166); e segundo, o conteúdo está organizado hierarquicamente na estrutura cognitiva, onde ideias mais inclusivas estão no topo da estrutura, abrangendo progressivamente conceitos e proposições menos inclusivos e mais diferenciados.

O princípio da diferenciação progressiva aparece quando o professor prepara a apresentação de conteúdos da matéria de forma sequencial, iniciando-se pelos conceitos mais gerais e inclusivos e, depois, progressivamente os diferenciando, em termos de detalhes e especificidades (AUSUBEL, 2003).

Na aprendizagem subordinante e na aprendizagem combinatória os conceitos e proposições estabelecidos na estrutura cognitiva podem interagir e relacionar-se entre si, adquirindo novos significados e nova organização da estrutura cognitiva. Essa recombinação dos conceitos e proposições pré-existentes na estrutura cognitiva é chamada por Ausubel (2003) de reconciliação integradora (Figura 7).

Figura 7 - Ciclo da diferenciação progressiva, reconciliação integradora.



Fonte: Produção do próprio autor.

“A reconciliação integradora é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva que ocorre na aprendizagem significativa” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 104). Na aprendizagem significativa os princípios de diferenciação progressiva e de reconciliação integradora estão sempre atuando no ato da aprendizagem, em um ciclo,

favorecendo a aprendizagem de novas ideias e a organização da estrutura cognitiva (Figura 7).

4.4 ORGANIZADORES AVANÇADOS

Levando em consideração os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integradora, sabe-se que é necessário que o aluno possua conceitos relevantes que sirvam de esteio para os novos conceitos, mas nem sempre estes conceitos estão disponíveis na estrutura cognitiva dos alunos. Nessa situação o que fazer? Ausubel (2003) propõe o uso de organizadores avançados.

Os organizadores avançados são mecanismos pedagógicos que ajudam a implementar os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora, estabelecendo a ligação entre o que o aprendiz já sabe e o que precisa saber, caso pretenda apreender e reter, de forma eficaz, novos materiais de instrução (AUSUBEL, 2003, p. 151).

Os organizadores avançados são materiais introdutórios que devem ser apresentados com antecedência (Figura 8). Estes materiais devem possuir um nível de abstração maior, sendo mais inclusivos e mais gerais do que o material a ser apresentado posteriormente, funcionando como pontes cognitivas (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Figura 8 – Ponte Cognitiva.



Fonte: Adaptação de imagens obtidas na internet⁷

Para apresentação de conteúdo que seja relativamente pouco conhecido fazemos uso de um organizador expositivo. Ele fornece ideias de esteio (ou subsunçores), que serão úteis na apresentação do novo conteúdo.

Se o material que será apresentado for relativamente familiar, utilizamos um organizador comparativo, que serve para integrar os novos conceitos com os conceitos semelhantes da estrutura cognitiva e, também, serve para diferenciar conceitos semelhantes que eventualmente possam ser confundidos.

⁷Disponível em: <<http://filosofiaeposmodernidade.blogspot.com.br/2010/05/cognicao-humana.html>; <http://blog.journals.cambridge.org/2013/01/thoughts-of-an-outgoing-reviews-editor/>> Acesso em 16 mar. 2014.

4.5 FATORES QUE INFLUENCIAM A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) dividem os fatores que influenciam a aprendizagem significativa em dois grupos: fatores cognitivos e fatores afetivos e sociais.

Para Ausubel (2003) as variáveis da estrutura cognitiva que influenciam a aprendizagem significativa são: a disponibilidade de ideias relevantes, e que estas estejam em um bom nível de inclusão, generalização e abstração; capacidade de discriminação de ideias similares e diferentes no material de aprendizagem; estabilidade e clareza das ideias de esteio.

Segundo Ausubel (2003), a disponibilidade de ideias relevantes na estrutura cognitiva dos alunos pode ser verificada através de aplicação testes de múltipla escolha, pré-testes de ensaio, de entrevistas, de questionamento socrático e de mapas conceituais. Quando é verificada a ausência ou precariedade de ideias relevantes, faz-se o uso dos organizadores avançados.

Ausubel (2003) considera importante a capacidade de discriminar as semelhanças e diferenças entre as novas ideias com as ideias estabelecidas na estrutura cognitiva, esta capacidade de discriminação evita confusões entre os conceitos e pode ser avaliada através de testes de múltipla escolha ou de questionamento socrático. Quando não existe uma boa discriminação conceitual, é recomendado o uso de organizadores comparativos.

A estabilidade das ideias é importante para permanência na memória do novo material aprendido ao longo do tempo e a clareza dessas ideias está relacionada ao “grau de explicação, lucidez e ausência de imprecisão e de ambiguidade” (AUSUBEL, 2003, p. 161).

Ausubel, Novak e Hanesian (1980), também consideram importantes as características motivacionais de personalidade, de grupo, sociais e do professor, apesar de não considerarem mais decisivos na aprendizagem do que os fatores cognitivos.

A motivação é considerada por Ausubel (2003) um fator que contribui de forma significativa para a aprendizagem. Os efeitos da motivação servem como mediadores na mobilização da atenção e do esforço; na crescente tolerância à frustração; na capacidade de adiar a necessidade de gratificação imediata; na persistência e na resolução acentuadas.

Ausubel (2003) destaca que a melhor forma de estimular a motivação para aprendizagem é focar nos aspectos cognitivos, pois a melhora do desempenho educacional propicia uma retroalimentação motivacional. Uma componente que aciona a motivação é o impulso cognitivo (o desejo de saber, de compreender e resolver problemas), sendo mais importante na aprendizagem significativa do que na aprendizagem mecânica. “É, pelo menos potencialmente, o tipo de motivação mais importante na aprendizagem da sala de aula” (AUSUBEL, 2003, p. 204).

Segundo Ausubel (2003), um dos fatores que colaboram para a falta de motivação é a dificuldade dos alunos em verificarem a utilidade de uma disciplina ou de um conteúdo. Concordamos e acrescentamos outros fatores que também podem influenciar a falta de motivação para o estudo, como a dificuldade em entender e assimilar os conceitos da disciplina, bem como a dificuldade de fazer uma relação entre a teoria e a prática, razões pela quais perdem o interesse pelos estudos e desistem de aprender.

Estas razões são observadas, com bastante intensidade, no ensino de Física. Muitos alunos não encontram motivação para o estudo da Física. Às vezes, essa falta de motivação é de origem intrínseca, por falta de afinidade. Outras vezes tem origem extrínseca, que podem ser devido ao ensino deficiente. Para superar essas dificuldades o professor deve conhecer diferentes formas de abordar os conteúdos, por exemplo: abordagem CTS; História e Filosofia das Ciências; Laboratório Didático e; as Tecnologias de Informação e Comunicação (apresentados no capítulo 1) para realizar o ensino e proporcionar uma motivação, que inicialmente pode ser extrínseca e, posteriormente, pode se torna intrínseca.

Para aumentar a motivação dos alunos em sala de aula devemos considerar as seguintes implicações práticas:

1. A motivação é tanto um efeito quanto uma causa da aprendizagem. Assim, não é necessário esperar que se desenvolva a motivação antes de engajar um estudante em atividades de aprendizagem.
2. O objetivo de uma determinada tarefa de aprendizagem deve sempre ser tornado o mais explícito e específico possível. No caso de objetivos de caráter não prático ou remoto, a relação entre as tarefas de aprendizagem e outros tipos de conhecimento e capacidades intelectuais deve ser salientada.
3. Deve-se fazer uso completo dos interesses e motivações existentes sem se deixar limitar por eles.
4. Elevar ao máximo o impulso cognitivo por meio da ativação da curiosidade intelectual, usando material que atraia a atenção e organizando as salas de aula de modo a garantir uma aprendizagem bem sucedida.
5. Estabelecer tarefas que sejam apropriadas ao nível de habilidades de cada aluno. Nada prejudica mais a motivação do que constantes fracassos e frustrações.
6. Ajudar os alunos a estabelecer objetivos realísticos e a avaliar seu progresso em relação aos objetivos por meio de tarefas que testem os limites de sua habilidade e do fornecimento generoso de retroalimentação informativa sobre o grau de aproximação do objetivo.
7. Levar em conta as mudanças de desenvolvimento e as diferenças individuais nos padrões motivacionais.
8. Fazer uso judicioso da motivação extrínseca e aversiva, evitando níveis excessivos de cada uma delas (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 359).

Entre os fatores sociais, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) destacam os pontos positivos e negativos da interação entre alunos em tarefas realizadas em grupo. Quando a tarefa é simples e requer pouco raciocínio, as atividades desenvolvidas em conjunto com alunos semelhantes, geram comportamento contagioso e competição. Já em atividades que requeiram uma solução complexa, a multiplicidade de hipóteses fornecida pelos alunos do

grupo possibilita uma solução mais rápida e precisa, porém, esta solução pode também ocorrer devido ao aumento da possibilidade de que pelo menos um aluno do grupo chegue independentemente à solução correta.

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980) se a atividade de aprendizagem for realizada por um grupo coeso, pode-se verificar a redução da ansiedade e o aumento da confiança. Também pode ocorrer a redução da responsabilidade e da iniciativa individual, pois a atenção do grupo pode ser desviada apenas para a atividade social ou conversação.

Outro fator importante é o tamanho do grupo. Grupos pequenos fornecem a oportunidade de participação e contribuição de todos os indivíduos, enquanto em grupos maiores essa participação é mais limitada. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) consideram que os membros que usufruem de maiores vantagens no trabalho em grupo para a aprendizagem são os alunos menos capacitados que trabalham com colegas de maior capacidade intelectual cognitiva. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), as atividades que necessitam de intensa concentração são realizadas mais eficientemente de forma individual do que em grupo.

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel foi escolhida como referencial teórico de nossa pesquisa, porque concordamos com esta teoria, adequando nossa proposta de construção do produto educacional seguindo uma organização e estruturação com atividades de ensino potencialmente significativas. Apresentando o conteúdo de forma sequencial, levando em consideração os processos da diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Fazendo o uso de organizadores avançados para introduzir o novo conteúdo.

Além disso, a teoria de Ausubel será utilizada nas nossas discussões e na apresentação dos resultados, diante da observação de como a modelagem e a simulação computacional influenciam o Ensino de Física no Ensino Médio.

5. O PROCESSO E A ANÁLISE

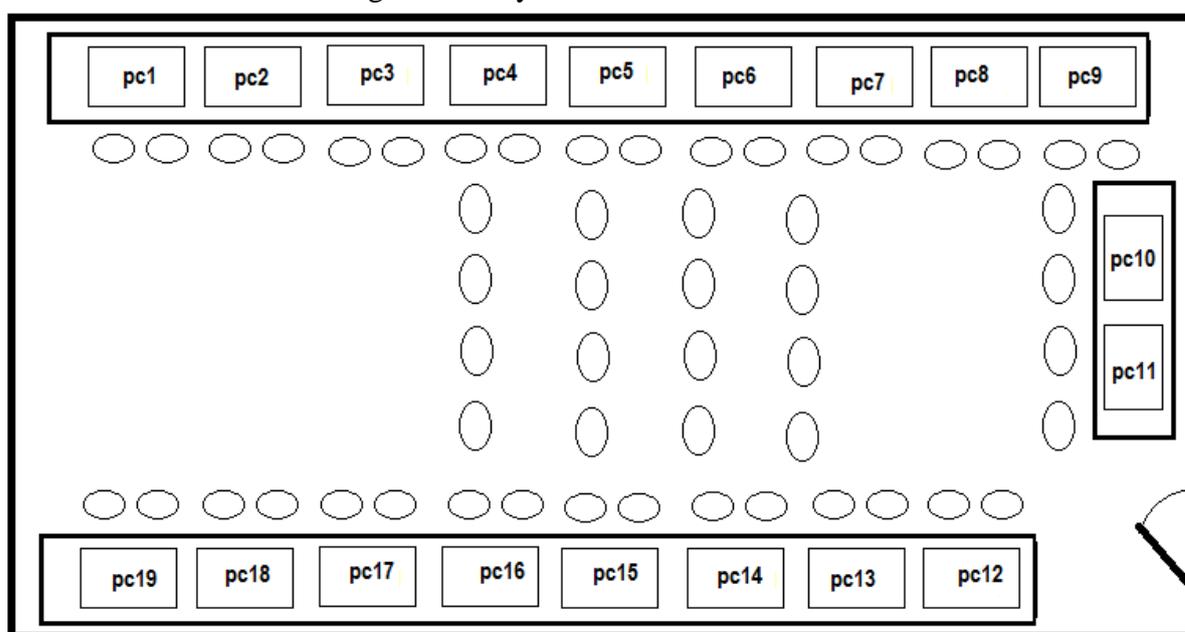
Investigamos as possibilidades didático-pedagógicas da interação entre o aluno e o computador, através da aplicação de simulações de fenômenos físicos, a partir de modelos matemáticos criados no software *Modellus*, para o ensino de Física. Para tal, utilizamos como tema estruturador o “Movimento: variações e conservações” conforme os PCN+ (BRASIL, 2002), especificamente o conteúdo relacionado à conservação da Energia Mecânica, suas formas cinética e potencial e suas transformações.

5.1 PARTICIPANTES DA PESQUISA E ESTRUTURA DA ESCOLA

A escola selecionada, na qual realizamos a pesquisa foi uma escola estadual da Paraíba, localizada em um bairro da periferia da cidade de João Pessoa. Sua estrutura física é constituída de oito salas de aula, uma sala de informática, uma secretaria, sala de direção, sala de professores, cozinha, pátio coberto, ginásio e banheiros. Localizada entre duas comunidades carentes, atendendo principalmente alunos provenientes destas comunidades.

A sala de informática (Figura 9 e Figura 10) estava com 19 (dezenove) computadores, todos funcionando. Com a capacidade de receber até 38 (trinta e oito) alunos, sendo 2 (dois) alunos por computador. O sistema operacional dos computadores era o Linux Educacional, versão 3.0. A sala de informática também servia como sala de vídeo.

Figura 9 – Layout da sala de informática.



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 10 – Sala de informática da escola.



Fonte: Produção do próprio autor (2012).

A escola funciona nos três turnos (manhã, tarde e noite), de tal forma que: de manhã funcionava com 8 turmas do Ensino Médio regular, sendo três turmas do 1º ano, três do 2º ano e duas do 3º ano; no turno da tarde funcionava com 8 turmas do ensino fundamental (6º ano, 7º ano, 8º ano e 9º ano), sendo duas turmas de cada ano; o turno da noite funcionava o Ensino Médio regular e médio EJA (Educação de Jovens e Adultos), totalizando 8 turmas, sendo duas turmas do 1º ano regular, uma do 2º ano regular, uma do 3º ano regular, duas turmas do 1º ano EJA, uma do 2º ano EJA e uma do 3º ano EJA. Essas informações são referentes ao ano letivo de 2012, ano que foi realizado a intervenção pedagógica.

Optamos por esta escola devido à facilidade de acesso às suas dependências, a direção e aos professores que lá trabalham. A facilidade de acesso é devido ao fato de fazermos parte do quadro docente da escola, ministrando aulas de Física do turno noturno.

Dentro desta realidade escolhemos a turma B do 1º ano do turno matutino, devido à possibilidade de investigar alunos que estão dentro da faixa etária adequada ao ano de estudo ao qual estão vinculados. Pois, nas turmas do turno da noite a disparidade de idade é grande. A turma do 1º ano B tinha 31 alunos, com idade média de 15,5 anos com faixa etária entre 14 e 17 anos.

5.2 DELIMITAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL

Nossa investigação foi realizada em 2012, no período escolar referente ao 4º bimestre, ou seja, entre os meses de novembro e dezembro, totalizando 9 horas/aula.

Para verificar os conhecimentos prévios dos alunos, chamado por Ausubel (2003) de subsunçores, sobre alguns conceitos de Física necessários para a aprendizagem da Energia Mecânica, suas formas cinética e potencial, as transformações e conservação; aplicamos um questionário de sondagem (Apêndice C) contendo questões que exploram conteúdos que são

pré-requisitos para o entendimento da Energia e sua conservação. O questionário possui 13 questões sobre os seguintes conceitos físicos: velocidade média - 1ª e 2ª questão; aceleração - 3ª e 4ª questão; força - 5ª e 6ª questão; trabalho - 7ª e 8ª questão; energia potencial - 9ª; energia cinética - 10ª questão; conservação da energia - 11ª, 12ª e 13ª questões. O questionário de sondagem foi aplicado no primeiro encontro com a turma.

No último encontro, após a aplicação do conjunto de atividades (Apêndice D), selecionamos 9 (nove) alunos da turma em que foram aplicadas os modelos matemáticos e simulações dos fenômenos físicos, dividindo-os em três grupos. Fizemos uma entrevista semiestruturada em cada grupo de três alunos. Essas entrevistas foram filmadas com a devida autorização dos alunos. Optamos por uma entrevista semiestruturada, por produzir um material privilegiado para a análise de conteúdo, pois possui, segundo Bardin (2011), a característica de ser desenvolvida seguindo a lógica do entrevistado, limitando-nos apenas ao assunto que nos interessava, possuindo uma pré-formatação mínima com certa unidade e coerência.

Gravamos, em áudio e vídeo, as aulas na sala de informática. Estas gravações também serviram para coleta de informações que foram úteis para a nossa análise.

Considerando a utilidade dos documentos para complementar os dados da investigação, decidimos analisar o questionário aplicado; a caderneta escolar da turma escolhida; a avaliação bimestral, do 4º bimestre; e o Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola.

A investigação na escola ocorreu em nove encontros, sendo divididos da seguinte forma: *1º Encontro* - Aplicação do questionário de sondagem (Apêndice C); *2º Encontro* - Estudo dirigido do texto sobre Energia (Anexo A) e apresentação do mapa conceitual da Energia Mecânica (Apêndice I); *3º Encontro* - Apresentação do software *Modellus*; *4º Encontro* - Aplicação da atividade 0 e 1 no laboratório de informática; *5º Encontro* - Aplicação das atividades 2 e 3 no laboratório de informática; *6º Encontro* - Aplicação da atividade 4 no laboratório de informática; *7º Encontro* - Aplicação da atividade 5 no laboratório de informática; *8º Encontro* - Aplicação da atividade 6 no laboratório de informática; *9º Encontro* - Entrevista. Iremos detalhar cada encontro.

5.3 DELIMITAÇÃO DO CONTEÚDO ABORDADO

A temática que envolve o conteúdo de Física, relacionado ao estudo da Energia, seus tipos, suas transformações e conservação, é um tema recorrente em diversos processos seletivos para ingressos nos cursos de graduação, bem como, em alguns cursos de pós-graduação. Por exemplo, no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) é verificado que

desde a sua primeira edição⁸ (1998), o conhecimento dos conceitos físicos relacionados à Energia é um tema bastante cobrado, de diversas maneiras.

Pode-se destacar também a importância deste tema na vida cotidiana, pois a Energia está presente em diversas situações do dia a dia. Para citar algumas situações, poderíamos falar sobre: a importância de como utilizar os equipamentos elétricos de maneira eficiente e de forma econômica, a fim de reduzir o consumo de Energia Elétrica; outra situação seria a utilização das energias renováveis, como a Energia Solar e a Energia Eólica como alternativas de geração de energia elétrica; e pode-se trabalhar a energia nos processos biológicos de obtenção de energia, como a fotossíntese e a respiração, entre outras situações.

A Energia é um tema muito relevante, que não pode ficar de fora das discussões e reflexões da sala de aula. Este tema pode ser trabalhado utilizando as abordagens que citamos no capítulo 1: abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade); História e Filosofia da Ciência (HFC); Laboratório Didático (LD); Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).

Optamos por enfatizar mais o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação, principalmente o uso do computador e de simulações. Não deixando de lado as discussões que envolvem a importância da Energia nas tecnologias e na sociedade, ou seja, utilizando a abordagem CTS nestas discussões.

Levando em consideração o referencial teórico da aprendizagem significativa de Ausubel, introduzimos o conteúdo, apresentando um texto⁹ sobre a Energia (Anexo 1) e, posteriormente um mapa conceitual (Apêndice I), servindo ambos, como organizadores avançados. Na expectativa de criar pontes cognitivas entre os conceitos já conhecidos pelos alunos com os novos conceitos da Energia Mecânica.

Em seguida descreveremos, de forma resumida os conceitos Físicos que foram utilizados nas simulações criadas no Modellus e os seus objetivos.

⁸ Informação obtida no portal do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira). Disponível em: <http://portal.inep.gov.br>

⁹ PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos. Pessoal, Social e Histórico: energia, calor, imagem e som (Coleção Física em contextos: pessoal, social e histórico; v. 2). 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

ATIVIDADE 1 – Trabalho e Teorema da Energia Cinética.

O objetivo desta simulação é apresentar o conceito do trabalho de uma força constante e o teorema da energia cinética.

A definição de trabalho desenvolvida na simulação consiste na consideração que para realizar um trabalho em Física implica a transferência de energia de um sistema para outro e, para que isso ocorra, são necessários uma força e um deslocamento.

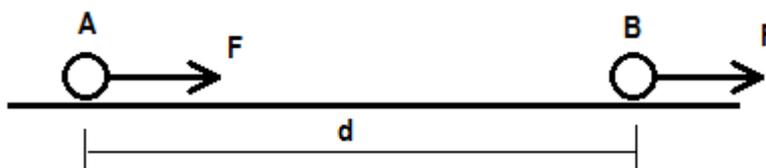
O trabalho de uma força constante (F) em um deslocamento (d) é a grandeza escalar dada por:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos\theta.$$

Na simulação o aluno pode alterar os valores de F , d e Θ , verificando o valor do trabalho. Além disso, é possível observar a construção do gráfico da força (F) x deslocamento (d).

O teorema da energia cinética pode ser enunciado da seguinte forma: O trabalho da resultante das forças que atuam em um corpo durante um deslocamento mede a variação da energia cinética ocorrida nesse deslocamento, ou seja, $\tau = E_{c_B} - E_{c_A}$, onde E_{c_A} é a energia cinética no ponto A e E_{c_B} é a energia cinética no ponto B, conforme a Figura abaixo:

Figura 11 – Deslocamento de um corpo.



Fonte: Produção do próprio autor.

ATIVIDADE 2 – Energia cinética

O objetivo desta simulação é apresentar o conceito da energia cinética, mostrando que ela depende da velocidade e da massa do corpo. Nesta simulação o aluno pode variar a velocidade e a massa do corpo. É apresentado o valor da energia cinética e o gráfico da energia cinética em função da velocidade.

A energia cinética é a energia associada a um corpo em movimento. Sendo m a massa e v a velocidade de um corpo num dado instante, sua energia cinética é quantificada pela expressão:

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

ATIVIDADE 3 – Energia Potencial Gravitacional

O objetivo desta simulação é apresentar o conceito da energia potencial gravitacional, mostrando que ela depende da gravidade, da massa do corpo e da altura em relação a um referencial.

Nesta simulação é possível alterar os valores da altura, massa e da aceleração gravitacional, verificando o valor da energia potencial gravitacional e o gráfico da energia em função da altura.

Para erguer um corpo é necessária a realização de um trabalho, transferindo energia para o corpo na forma de energia potencial gravitacional, determinada por:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Sendo m a massa do corpo, g a aceleração gravitacional e h a altura entre o corpo e o nível de referência.

A energia armazenada pelo corpo é denominada energia potencial gravitacional, pois origina-se da interação gravitacional entre a Terra e o corpo.

ATIVIDADE 4 – Conservação da Energia Mecânica na queda

O objetivo desta simulação é observar o princípio da conservação da energia mecânica numa situação de queda livre, verificando a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.

Nesta simulação o aluno verifica o movimento de queda de um corpo e observa os gráficos da energia cinética, da energia potencial e da energia mecânica. Podendo alterar os valores da aceleração gravitacional, da massa e da altura do corpo.

O princípio da conservação da energia mecânica afirma num sistema conservativo, a energia mecânica total permanece constante.

Entende-se por sistema conservativo todo aquele em que as forças que realizam trabalho transformam exclusivamente energia potencial em energia cinética e vice-versa.

É o que ocorre com as forças de gravidade, elástica e eletrostática que, por sua vez, são denominadas forças conservativas.

A energia mecânica de um sistema é determinada pela soma das energias cinética e potencial: $E_M = E_c + E_p$.

ATIVIDADE 5 – Conservação da Energia Mecânica no pêndulo simples

O objetivo desta simulação é observar o princípio da conservação da energia mecânica no pêndulo simples, verificando a transformação entre as energias potencial gravitação e energia cinética.

Esta simulação apresenta o comportamento da energia cinética e potencial de um pêndulo simples em movimento. É possível alterar o comprimento e a massa do pêndulo; alterar a amplitude inicial do movimento e a aceleração gravitacional.

Durante a simulação são construídos os gráficos da energia cinética, da energia potencial e da energia mecânica em função do tempo, bem como em função da posição do pêndulo.

O pêndulo simples é um sistema composto de uma massa presa a uma extremidade de um fio. A outra extremidade é fixa de maneira que a massa possa oscilar.

Durante o movimento de um pêndulo simples, desprezando-se a resistência e o atrito do ar, observa-se a transformação de energia potencial em cinética e vice-versa. Constituindo-se em um sistema conservativo.

ATIVIDADE 6 – Conservação da Energia Mecânica no oscilador massa-mola

O objetivo desta simulação é observar o princípio da conservação da energia mecânica no oscilador massa-mola, verificando a transformação de energia potencial elástica em energia cinética.

Nesta simulação o aluno pode alterar a constante elástica da mola, a amplitude inicial do movimento e a massa do corpo.

Assim como na simulação anterior, são construídos os gráficos da energia cinética, da energia potencial e da energia mecânica em função do tempo, bem como em função da posição da massa oscilante.

O oscilador massa-mola é um modelo constituído de um bloco de massa m preso a uma mola de constante elástica k . O conjunto encontra-se apoiado numa superfície plana e horizontal sem atrito, inicialmente em repouso. Ao comprimir ou distender a mola e logo após liberá-la, o bloco passa a oscilar em torno do ponto de repouso do sistema, em uma trajetória retilínea.

A energia armazenada na mola durante a sua deformação é chamada de energia potencial elástica, sendo calculada por:

$$E_p = \frac{k \cdot x^2}{2}.$$

Onde x é a deformação da mola.

ATIVIDADE 7 – Conservação da Energia Mecânica no lançamento vertical para cima

O objetivo desta atividade é resolver um problema de conservação da energia no lançamento vertical de um corpo, desprezando a resistência do ar.

A resolução do problema deve ser realizada através de uma simulação criada no *Modellus*, utilizando os dados fornecidos no problema.

Quando um corpo é lançado verticalmente para cima, desprezando-se a resistência do ar, sua energia cinética de lançamento é transformada em energia potencial gravitacional. A altura máxima alcançada depende da velocidade inicial de lançamento.

Considerando a conservação da energia mecânica no lançamento vertical para cima, pode-se concluir que no ponto mais alto a energia potencial gravitacional será igual a energia cinética de lançamento, desta forma tem-se que: $E_p = E_c$, daí pode-se verificar que a altura máxima é calculada por: $h_{MAX} = \frac{v^2}{2.g}$.

5.4 OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE DOS ENCONTROS REALIZADOS

1º ENCONTRO - A APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM

Neste primeiro encontro, na aplicação do questionário (Apêndice C) foi feita uma explicação dos motivos e objetivos do questionário. Comunicamos aos alunos que se tratava de uma investigação científica sobre a utilização do computador no ensino de Física. Os alunos responderam o questionário de forma rápida, levando em média 20 minutos. Poucos ficaram até o fim da aula, mas o tempo foi suficiente para que todos respondessem.

Durante a aplicação do questionário, observamos que muitos não estavam concentrados nas perguntas, responderam de forma rápida com a finalidade de sair da sala para ficarem com o tempo livre. Isto pode explicar o baixo desempenho da turma.

Além das questões relativas aos conceitos Físicos, o questionário teve perguntas sobre: a idade; o sexo; o acesso ao computador; o acesso à internet e se havia aluno repetente.

Verificamos que 45% dos alunos são do sexo masculino e 55% do sexo feminino, com idade média de 15,5 anos, variando entre 14 a 17 anos de idade. Havia apenas um aluno repetente; 94% possuem acesso ao computador e 97 % acessam a internet. Vale salientar que este acesso ao computador e a internet não são realizados no ambiente escolar.

Esse mesmo questionário foi aplicado nas outras turmas do 1º ano da manhã, turmas A e C, os resultados mostram que essas turmas tinham um número maior de repetentes, além de uma diferença maior na faixa etária. Por estes motivos, selecionamos a turma B da manhã, por

se tratar de um grupo mais homogêneo.

Com relação às questões sobre os conteúdos da Física: 1ª e 2ª questões; aceleração - 3ª e 4ª questões; força - 5ª e 6ª questões; trabalho - 7ª e 8ª questões; Energia potencial - 9ª questão; Energia cinética - 10ª questão; Conservação da energia - 11ª, 12ª e 13ª questões, foram obtidos os resultados expostos no Quadro 2. As células destacadas representam as respostas corretas para cada questão. Participaram 31 alunos, dentre eles, alguns deixaram de responder algumas questões.

Quadro 2 – Resultado do questionário de sondagem.

Alternativas	Questões												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	6	17	3	4	4	7	2	2	3	11	8	4	5
B	3	9	1	9	7	4	4	5	4	1	3	6	4
C	22	4	1	3	9	12	8	1	13	7	6	7	2
D	0	0	25	8	7	1	7	12	4	3	10	8	6
E	0	1	0	6	3	6	9	8	4	6	3	5	13
Acerto (%)	71	55	3	29	29	39	23	39	42	23	10	13	19

Fonte: Produção do próprio autor.

Chamou nossa atenção o baixo índice de acerto da questão 3, que tratava exclusivamente do conceito de aceleração. As questões 4, 5 e 6, relacionadas aos conceitos de aceleração e força, também tiveram um rendimento baixo. Esta informação foi muito importante, pois estes conceitos são necessários para a aprendizagem da Energia Mecânica. Como afirma Ausubel (2003), para que haja uma aprendizagem significativa de novos conteúdos, são necessárias ideias de esteio claras e estáveis na estrutura cognitiva do aluno. Neste caso vimos a necessidade de desenvolver uma atividade (simulação no *Modellus*) que contemplasse os conceitos da aceleração e de força. Esta atividade foi chamada de Atividade 0 (zero).

2º ENCONTRO - ESTUDO DIRIGIDO DO TEXTO SOBRE ENERGIA E APRESENTAÇÃO DO MAPA CONCEITUAL DA ENERGIA MECÂNICA

No segundo encontro realizamos um estudo dirigido do texto sobre Energia (Anexo A) e apresentação do mapa conceitual da Energia Mecânica (Apêndice I).

O texto de Pietrocola (2010) discute sobre a Energia e suas transformações, elencando e tratando alguns tipos de energia, como: a Energia Mecânica (cinética, potencial gravitacional e potencial elástica), Energia Térmica, Energia Elétrica, Energia Luminosa, Energia Química

e Energia Nuclear. O seu texto relata sobre as usinas produtoras de Energia Elétrica, como as usinas Hidrelétricas; usinas Termelétricas e usinas Termonucleares.

Este texto proporcionou algumas discussões sobre a geração e uso da Energia Elétrica, sobre a responsabilidade da sociedade diante as questões energéticas do Brasil e do mundo.

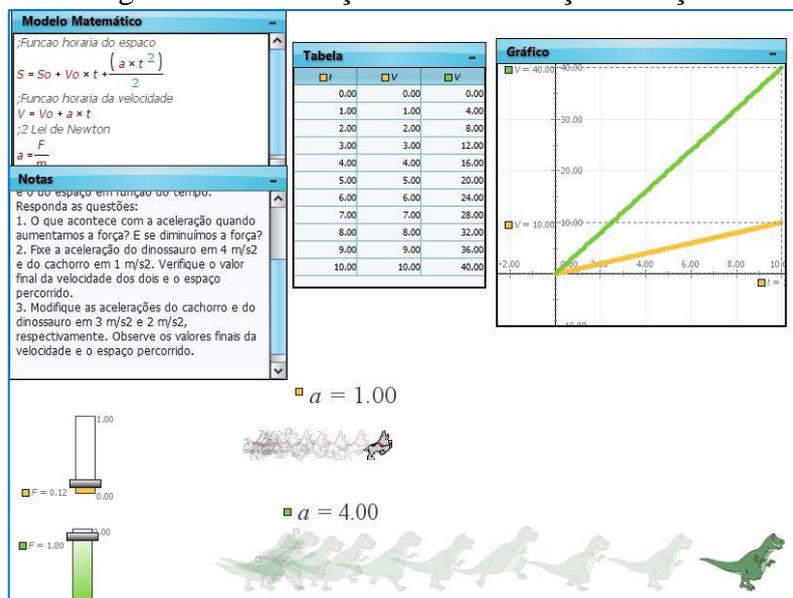
Logo em seguida foi apresentado um mapa conceitual sobre a Energia Mecânica, aprofundando um pouco mais sobre esta temática, que já tinha sido tratada no texto. O mapa conceitual e o texto foram apresentados como material introdutório do conteúdo com o objetivo de facilitar a aprendizagem, possibilitando a criação de uma ponte cognitiva entre os conhecimentos prévios dos alunos com os novos conceitos. Este tipo de material é chamado por Ausubel (2003) de organizador avançado.

Observamos que os alunos da turma participaram do estudo e prestaram atenção ao texto, contribuindo com as discussões.

3º ENCONTRO – APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE MODELLUS E DESENVOLVIMENTO DE UMA ATIVIDADE EXTRA

Desenvolvemos uma atividade extra de acordo com as dificuldades apresentadas pelos alunos, conforme os resultados mencionados no Quadro 2. Esta atividade serviu para explorar os conceitos de aceleração e força (Figura 12), bem como para apresentar o software *Modellus*, mostrando os seus comandos principais e suas representações (tabelas, gráficos e simulação). Esta apresentação foi realizada na sala de aula, utilizando o recurso do Datashow. Neste encontro os alunos não tiveram o contato direto com o computador.

Figura 12 – Simulação sobre aceleração e força.



Fonte: Produção do próprio autor.

Na simulação, apresentada na Figura 12, foi possível apresentar o software *Modellus* e trabalhar os conceitos da aceleração e da força, mostrando a animação dos dois corpos (cachorro e o dinossauro) com acelerações distintas, comparando o efeito no movimento.

4º ENCONTRO – APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES 0 E 1

O quarto encontro foi realizado na sala de informática e estavam presentes 28 alunos e a professora.

O intervalo entre o terceiro e quarto encontro foi mais de uma semana, pois neste período as atividades da escola estavam direcionadas para a semana de jogos internos. Aproveitamos este período sem aula para instalar o software *Modellus* nos computadores da sala de informática. Vale salientar a dificuldade que encontramos para instalar o *Modellus*, pois o sistema operacional dos computadores era o Linux Educacional. Realizamos diversas pesquisas e conversamos com alguns técnicos e pessoas experientes com o Linux, até chegar a uma solução para a instalação do *Modellus* no Linux Educacional, criando um roteiro que está disponível no Apêndice B.

Aplicamos a atividade 0 (aceleração e força) e a atividade 1 (trabalho e teorema da energia cinética). Como já tínhamos apresentado a atividade sobre aceleração e força, na sala de aula, os alunos já tinham certa familiaridade com a simulação, mas desta vez eles puderam manusear o software, explorando a simulação e respondendo às questões.

Para facilitar e direcionar a atividade foi entregue para cada dupla um guia de orientação do aluno (Apêndice D) e para a professora o guia do professor (Apêndice E). O “guia do aluno” continha questões que foram respondidas durante os encontros e realizações das simulações.

A participação dos alunos na atividade com o *Modellus* foi evidente, pois eles interagiram com o programa e conseguiram utilizar a simulação e responder as perguntas propostas no “guia do aluno”.

A interação com a professora de Física também foi significativa. Ela participou de forma ativa contribuindo na aplicação da simulação, tirando as dúvidas dos alunos e dando sugestões de como realizar as simulações e responder as perguntas da atividade.

Ao final da aula a professora declarou que não esperava a participação dos alunos na atividade, afirmando: “fiquei surpreendida com a participação dos alunos”, “tô boquiaberta”. A professora não esperava que os alunos participassem de forma ativa e, por seu depoimento, fica evidenciado que o software conseguiu atrair a atenção dos alunos. Para nós isso é um ponto positivo na utilização do computador com o software *Modellus*.

Durante esta aula tiramos algumas fotos e filmamos alguns momentos (Figuras¹⁰ 13 e 14).

Figura 13 – Interação da professora



Figura 14 – Participação da professora



Fonte: Produção do próprio autor (2012)

Sobre a atividade 0: no início da simulação a aceleração do cachorro era 8 m/s^2 e a do dinossauro 2 m/s^2 , ambos partindo do repouso e da mesma posição. Após rodar a simulação, perguntei; por que o cachorro ganhou a corrida? As alunas do grupo 1 responderam que “o cachorro ganhou porque é mais leve”. Essas alunas associaram inicialmente o desempenho do cachorro em correr mais rápido que o dinossauro devido a sua massa ser menor, elas não perceberam a influência da aceleração, enquanto o grupo 2 disse que o cachorro ganhou “porque tá com uma aceleração maior”. Em seguida pedi para “resetar” a simulação e alterar as acelerações do dinossauro e do cachorro para os valores 4 m/s^2 e 1 m/s^2 , respectivamente (Figura 11). Alguns alunos responderam antes de iniciar a simulação que o dinossauro iria ganhar. Após a simulação perceberam que o fator que determinava quem ganhava a corrida era a aceleração. Pedi para que eles observassem os valores da tabela (velocidade e tempo), chamando a atenção sobre a variação da velocidade com o tempo, eles verificaram que a velocidade do dinossauro aumenta de 4 em 4 m/s enquanto a do cachorro de 1 em 1 m/s , associando esta variação da velocidade com a aceleração do cachorro e do dinossauro.

Diante das respostas às questões da atividade 1 (Apêndice H), propostas no guia do aluno, podemos observar que os alunos relacionaram de forma correta as grandezas físicas. Eles perceberam que o trabalho mede a variação da energia cinética do movimento e que a área do gráfico Força x Espaço é numericamente igual ao trabalho da força.

¹⁰ Por questões éticas as fotos retiradas só apresentam os alunos no laboratório, sem que sejam identificados.

5º ENCONTRO - APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES 2 E 3

O quinto encontro foi realizado na sala de informática, com a aplicação das atividades 2 e 3, que trataram respectivamente da energia cinética e da energia potencial gravitacional.

O objetivo da atividade 2 foi apresentar o conceito da energia cinética, mostrando que ela depende da velocidade e da massa do corpo. Nessa atividade foram trabalhadas as relações entre as grandezas físicas.

Ao término da aula tivemos uma conversa informal com algumas duplas. Perguntamos o que eles estavam achando das atividades realizadas no computador, obtendo as seguintes respostas:

Alunos do grupo 1: *“quando tem a simulação fica melhor da gente entender.”*

“eu não sabia porque, antes disso, agora eu sei mais ou menos, porque eu sou horrível em matemática e física.”

Alunos do grupo 2: *“assim é mais fácil de entender o que ela ensina.”*

“aqui a pessoa vai praticando, na sala não, quem responde é a professora.”

“aqui o aluno vai testando pra ver se ele tá aprendendo ou não.”

Alunos do grupo 3: *“aqui eu tô aprendendo alguma coisa, lá na sala eu não aprendo não.”*

“é melhor, a gente compreende mais.”

“aqui tá melhor do que na sala de aula, a gente aqui aprende mais.”

Essas afirmações indicam que a simulação computacional representa uma ferramenta pedagógica que ajuda na compreensão dos fenômenos físicos. Segundo a fala dos alunos do grupo 2, a professora geralmente responde no lugar dos alunos, isso pode ocorrer, devido ao fato que o ensino é realizado seguindo a programação da professora. Com o software isso não é possível, pois cada aluno responde as questões conforme o seu próprio ritmo de aprendizagem, dando oportunidade para que todos reflitam e descubram formas de resolver os problemas propostos nas atividades.

A atividade 3 teve o objetivo de apresentar o conceito da energia potencial gravitacional, mostrando que ela depende da gravidade, da massa do corpo e da altura em relação a um referencial.

A atividade 3 foi semelhante a atividade 2, só que tratava da energia potencial gravitacional. Durante a atividade 3 a sirene da escola alertou o fim da aula, não sendo

possível a todos os alunos responderem as questões da atividade 3.

Ao analisar as respostas das perguntas dos questionários (Apêndice H) propostas ao final das atividades, constatamos que os alunos compreenderam as relações entre as grandezas físicas que definem a energia cinética e a energia potencial, conforme os depoimentos destacados em seguida.

Resposta da questão sobre a energia cinética:

Aluno do grupo 2: *“quando aumentamos a velocidade a energia cinética aumenta e quando diminuimos a velocidade a energia cinética diminui.”*

Resposta da questão sobre a energia potencial:

Aluno do grupo 3: *“quando aumentamos a altura do corpo a energia potencial gravitacional aumenta.”*

6º ENCONTRO – CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NA QUEDA LIVRE DE UM CORPO

A atividade aplicada no sexto encontro foi sobre a conservação da energia mecânica na queda livre de um corpo. Nessa simulação era possível alterar os valores da aceleração gravitacional, da massa e da altura. Os níveis de energia eram visualizados no gráfico e na régua de nível, fornecidas pelo software.

No gráfico, cada tipo de energia era associada a uma cor (energia cinética – curva vermelha, energia potencial – curva azul e energia mecânica – curva amarela). As questões e respostas do grupo 1 sobre esta simulação foram as seguintes:

Questões

- A) Analisando o gráfico, que tipo de energia cada curva representa?
- B) O que acontece com as energias potencial e cinética durante a queda da maçã?
- C) A energia mecânica permaneceu constante? Por quê?

Respostas do Grupo 1

- A) *“a linha azul representa a energia potencial e a vermelha a energia cinética e a amarela a altura.”*
- B) *“a energia potencial diminui e a cinética aumenta.”*
- C) *“sim, porque ela é a soma das energias juntas.”*

O que nos chamou a atenção neste grupo, e que se repetiu em mais 5 grupos, foi que os alunos associaram a curva amarela com a altura do corpo, quando o correto seria associar com

a energia mecânica. Essa situação pode caracterizar uma falta de atenção das grandezas físicas dos eixos do gráfico, mas eles perceberam que as curvas azul e verde representavam a energia cinética e potencial, respectivamente. Ao conversar com a professora sobre o conteúdo apresentado na sala de aula, ela relatou que já tinha mostrado e comentado exemplos em que ocorre a transformação da energia potencial gravitacional em cinética, porém, ela ainda não tinha mostrado que a soma das energias cinética e potencial tem como resultante a energia mecânica, talvez isso também tenha contribuído pela falta de associação correta da curva amarela com a energia mecânica.

Apesar desta constatação desses grupos, os demais conseguiram identificar a energia mecânica como a soma das energias cinética e potencial, associando a curva amarela com a energia mecânica, como podemos ver nas respostas dos demais grupos (Apêndice H). Observamos que os alunos perceberam a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética no decorrer da queda do corpo.

7º ENCONTRO – APLICAÇÃO DA ATIVIDADE 5

No sétimo encontro foi aplicada a simulação 5, referente a conservação da energia mecânica no pêndulo simples. Esta atividade era semelhante à anterior, pois trabalhou a conservação da energia mecânica. A diferença desta atividade para a anterior era o tipo de movimento associado à transformação de energia potencial em energia cinética e vice-versa, que, neste caso, foi o movimento do pêndulo simples.

Nesta simulação o aluno podia modificar o comprimento do pêndulo, a amplitude inicial do movimento, a massa pendular e a aceleração gravitacional. Desta forma o aluno podia realizar a simulação verificando o que ocorre quando uma ou mais dessas grandezas eram alteradas.

Os grupos que na aula anterior tiveram dificuldades em associar as cores com as energias, desta vez conseguiram associar as curvas do gráfico com as respectivas energias, diferentemente do que ocorreu na atividade anterior, alterando suas percepções acerca do gráfico, como constatado nas respostas do grupo 1, de acordo com as questões apresentadas em seguida.

Questões

- A) Analisando o gráfico, que tipo de energia cada curva representa?
- B) O que acontece com as energias potencial e cinética durante o movimento do pêndulo?

- C) Encontre as posições de máximo e mínimo valor para as energias cinética e potencial.
- D) A energia mecânica permaneceu constante? Por quê?

Respostas do Grupo 1

- A) *“vermelha – energia cinética, amarela – energia mecânica, verde – energia potencial.”*
- B) *“Forma uma curva com uma direção diferente da outra.”*
- C) *“quando a potencial for máxima a cinética é 0, e quando a cinética for máxima a potencial é 0.”*
- D) *“Sim. Porque ela é a soma das energias juntas.”*

Pelas respostas dos grupos, pode-se concluir que a maioria identificou a transformação de energia existente na oscilação do pêndulo, porém, poucos relacionaram a máxima e mínima energias cinética e potencial com a posição do pêndulo. Apenas o grupo 5 tentou associar a energia do pêndulo com a sua posição, mas não conseguiram explicar melhor essa dependência. Talvez a pergunta C não tenha ficado clara, pois a maioria respondeu justificando que quando uma das energias é máxima a outra é mínima.

8º ENCONTRO – APLICAÇÃO DA ATIVIDADE 6

Esta atividade teve como objetivo observar o princípio da conservação da energia mecânica no oscilador massa-mola, verificando as transformações entre a energia potencial elástica e cinética. Nesta atividade era possível observar a simulação do movimento de oscilação de um corpo de massa (m) preso à uma mola, desprezando as forças dissipativas, formando um sistema idealizado.

Esta aula ocorreu com um atraso de 15 minutos para o seu início, devido aos alunos estarem realizando uma atividade avaliativa de outra disciplina na aula que antecedia a aula de Física.

Perguntas da atividade:

- A) Analisando o gráfico, que tipo de energia cada curva representa?
- B) O que acontece com as energias potencial e cinética durante a oscilação da mola?
- C) Encontre as posições de máximo e mínimo valor para as energias cinética e potencial.
- D) A energia mecânica permaneceu constante? Por quê?

Algumas respostas dos alunos:

Grupo 1:

- A) *“Vermelha – potencial, amarela – mecânica, verde – energia cinética.”*
- B) *“Quando a mola diminui a cinética aumenta e potencial diminui, e quando a mola aumenta a cinética diminui e a potencial aumenta.”*
- C) NÃO RESPONDERAM
- D) NÃO RESPONDERAM

Este grupo relacionou a deformação da mola com a energia potencial e cinética, verificando que enquanto uma energia aumenta a outra diminui. As perguntas C e D não foram respondidas, talvez tenha sido por conta do tempo que não foi suficiente, pois quando o tempo da aula acabou eles ainda estavam realizando a atividade.

Este grupo verificou que nos extremos da oscilação a energia potencial elástica atinge o seu valor máximo, também verificaram a transformação entre a energia potencial e cinética.

Grupo 10:

- A) *“Verde: cinética, amarela: energia mecânica, vermelha: potencial.”*
- B) *“quanto mais comprimida ou esticada a potencial irá aumentar.”*
- C) *“quando a mola esta esticada ao máximo a energia cinética chega a 0 e a potencial ao seu máximo.”*
- D) NÃO RESPONDERAM.

Esse grupo observou a dependência da energia potencial elástica com a deformação da mola, pois eles afirmaram que nos extremos, deformação máxima, a energia potencial atinge o valor máximo e a cinética anula.

Os demais grupos tiveram respostas semelhantes aos citados anteriormente, vale ressaltar que esta última atividade foi realizada em um curto período de tempo, pois já estava próximo do término da aula. Alguns grupos ainda permaneceram na sala de informática, por volta de 10 minutos depois do toque de fim da aula, para finalizar a atividade.

Ao final desta aula, perguntamos para um aluno se ele estava entendendo as atividades e se estava gostando de realizá-las no computador. Ele disse que estava melhor do que na sala de aula, pois, segundo ele “se a física fosse só isso, ler e entender as coisas... mas tem que fazer os cálculos e tal.” Nesta frase ele quis dizer que na sala de aula se trabalha muito a parte de cálculo, já nas simulações ele pode testar e verificar o que acontece com o fenômeno físico quando altera as grandezas físicas envolvidas.

No decorrer das aulas verificamos e confirmamos nas gravações realizadas, que os alunos trabalharam em grupo, contribuindo com suas opiniões acerca das questões propostas no final das atividades. Eles discutiam entre si as possíveis respostas, observando e testando

suas opiniões e utilizando a simulação como suporte.

Devido à proximidade do fim do bimestre e do ano letivo, não foi possível aplicar a atividade 7, que tinha como proposta a criação de uma simulação pelos próprios alunos para resolverem um problema físico relativo a conservação da energia mecânica em um lançamento vertical para cima de um corpo, para determinar a altura máxima alcançada e construir o gráfico das energias em função da posição do corpo.

9º ENCONTRO – ENTREVISTA

O nono encontro foi para obter o relato de alguns alunos com relação às aulas na sala de informática. Fizemos uma entrevista semiestruturada em cada grupo de três alunos. Essas entrevistas foram filmadas com a devida autorização dos alunos. Para realizar a análise das entrevistas utilizamos a análise de conteúdo que, segundo Bardin (2011, p.48), é um conjunto de técnicas de análise das comunicações que visa obter, através de “procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens”.

Procuramos nas entrevistas indicadores qualitativos que permitissem a inferência de concepções relativas sobre como a modelagem e a simulação computacional influenciam o ensino da Energia Mecânica nesta turma do 1º ano do Ensino Médio, à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

De acordo com Bardin (2011), o objetivo da análise de conteúdo é: “a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção (ou, eventualmente, de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não)” (BARDIN, 2011, p. 44).

5.5 ANÁLISE DAS ENTREVISTAS

Para realizar a análise de conteúdo das entrevistas, buscamos classificar as falas dos entrevistados procurando dar certa organização às mensagens. Segundo Bardin (2011), o processo de classificação tem uma importância considerável na atividade científica, pois fornece uma condensação dos dados. Diante da questão de investigação, optamos por categorizar da seguinte forma:

Categoria: uso do computador. Subcategorias: elemento facilitador; elemento motivador; elemento de diversão.

Categoria: aspecto positivo do *Modellus*. Subcategorias: exploração de modelos; prática de simulações; contribuição para a aprendizagem; troca de experiência com colegas; complementação da aula.

Categoria: caracterização da sala de aula. Subcategorias: desinteresse; indisciplina.

A categorização e suas subcategorias encontram-se Quadro 3. As entrevistas foram transcritas e constam no Apêndice F. Observando a categoria “Caracterização da sala de aula”, concluímos que a participação dos alunos na sala de aula foi o oposto do que aconteceu na sala de informática com a utilização do computador. Levando em consideração os depoimentos dos alunos, na sala de aula não existia o interesse pelos conteúdos da Física e, por conta disso, muitos conversavam durante as aulas, atrapalhando a concentração e, conseqüentemente, a aprendizagem.

Como podemos observar nas falas destacadas e organizadas na categoria “Uso do computador”, as evidências indicam que o computador pode ser considerado como um elemento facilitador, motivador e que proporciona certa diversão na aprendizagem. A motivação é destacada na teoria da aprendizagem de Ausubel (2003) como um componente importante na aprendizagem, pois serve como mediadora da mobilização da atenção e do esforço.

Quadro 3 - Categorização da análise de conteúdos das entrevistas

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	INDICADOR
CARACTERIZAÇÃO DA SALA DE AULA	<i>Desinteresse</i>	“... na sala é chato pra caramba.” “...na sala é meio morgado, chato.” “...mas ficou chato a pessoa o ano inteiro a mesma coisa ...”
	<i>Indisciplina</i>	“ ... na sala o povo fica conversando ...” “ ... eu bagunço muito ...”
USO DO COMPUTADOR	<i>Elemento facilitador</i>	“Fica melhor de aprender. Porque o cara ver na prática, cutucando lá no computador ...” “[...] por causa das coisas que tem no computador e no quadro não tem como explicar [...] do mesmo jeito que explica no computador” “Eu achei mais fácil, por causa dos desenhos, quando aperta o play ai mostra lá a animação.” “... ajuda também no conhecimento, porque a gente adquire mais coisas.” “[...] com o computador é bem melhor, eu prestei mais atenção na aula, eu consegui responder muitas perguntas, eu achei melhor.”
	<i>Elemento motivador</i>	“Eu aprendi melhor aqui, porque é mais interessante, dá mais impulso a gente usar o computador” “a gente teve curiosidade, por isso a gente aprendeu.” “... no computador é bem mais fácil, sei lá, vc parece que tem um entusiasmo a mais ...” “...aqui é uma coisa que eu entendo mais, é uma coisa que eu absorvo mais, então o que eu absorvo eu tento cada vez mais explorar ...” “Quando você aprende mais uma coisa a tendência é você querer aprender mais e mais, ai aqui é mais fácil, ai eu já me interessei mais ...”
	<i>Elemento de diversão</i>	“...a gente pode estudar e ao mesmo tempo tá se divertindo...” “...a pessoa se descontrai, fica melhor.”
ASPECTOS POSITIVOS DO MODELLUS	<i>Exploração de modelos</i>	“... a pessoa tá vendo o gráfico, como é que o gráfico tá mexendo, a pessoa tá alterando os valores...” “...cutucando lá no computador, fazendo o que o cara quer, mudando os valores...” “...quando aperta o play ai mostra lá a animação.” “... eu tava botando os valores e tava dando os resultados ...”
	<i>Prática de simulações</i>	“...porque a pessoa tá fazendo na prática...” “...Porque o cara ver na prática ...” “... porque você ta fazendo na prática ...” “...porque eu é que to fazendo, to fazendo na prática...” “...aqui sim tá explicando mas a gente já ta fazendo o exercício...”
	<i>Contribuição para a aprendizagem</i>	“Fica melhor de aprender ...” “... eu entendo melhor ...” “Eu aprendi melhor aqui ...” “... fica bem mais fácil de entender ...” “... aqui é uma coisa que eu entendo mais...” “... me ajudou a entender um pouco mais...”
	<i>Troca de experiência com colegas</i>	“Particpei mais aqui, por causa que tava em grupo né [...] em dupla assim [...] ai um ajuda o outro, fica melhor.” “É melhor em grupo do que individual.” “É mais fácil trabalhar em dupla, porque duas cabeças pensam mais que uma.” “... um pensa uma coisa, você pensa outra, ai já vai aprendendo.”
	<i>Complementação da aula</i>	“... ajuda a gente entender melhor o que a professora passa lá (sala de aula), ajuda também no conhecimento, porque a gente adquire mais coisas ...” “...porque ajuda até no desempenho da pessoa na sala ajuda também, a pessoa vindo pra cá (lab informática), e indo pra lá fica bem mais fácil entender.”

Fonte: Produção do próprio autor.

Destacamos a fala da aluna F, “...aqui é uma coisa que eu entendo mais, é uma coisa que eu absorvo mais, então o que eu absorvo eu tento cada vez mais explorar ...”. Neste

trecho da entrevista, podemos verificar que a própria melhora do desempenho educacional é em si mesma um fator motivacional, chamada por Ausubel (2003) de retroalimentação motivacional.

Quanto ao uso do software *Modellus*, as falas dos alunos confirmam as características citadas por Teodoro (2002), como sendo um software que permite a experimentação, possibilitando que o aluno aprenda fazendo e aprenda explorando. O *Modellus* ajudou na complementação das aulas da professora, e o trabalho em grupo com o software também proporcionou a troca de ideias e de experiências entre os alunos.

Segundo as informações obtidas nas entrevistas é possível identificar que a utilização dos computadores da escola é uma alternativa com grande receptibilidade por parte dos alunos. O Aluno J disse: “*podia ter isso (aula no computador) uma vez por semana [...] no ano que vem.*” Assim como o Aluno J, outros também sugeriram o emprego do computador, pelo menos uma vez por semana.

5.6 ANÁLISE DOCUMENTAL

Após a realização das entrevistas, foi solicitada à direção da Escola o Projeto Político Pedagógico (PPP). O PPP da Escola apresentava algumas propostas pedagógicas a serem implantadas no biênio 2012/2013, os projetos identificados foram os seguintes:

Projeto: Lixo;

Projeto: Empreendedorismo e economia solidária;

Projeto: Leitura e escrita;

Projeto: Estatuto da Criança e do Adolescente;

Projeto: Prevenção às drogas e a violência;

Projeto: Futebol na escola;

Projeto: Nossos eventos nossas conquistas;

Projeto: Datas Comemorativas.

Nas descrições dos projetos verificamos que nenhum deles contemplava a utilização do computador, o que confirma as afirmações dos alunos quando disseram que nunca tinham usado o computador na escola, apesar de, um dos objetivos específicos do PPP da escola ser “adquirir e implementar novas técnicas e metodologias que visem sucesso no processo ensino-aprendizagem.”

As novas técnicas e metodologias nem sempre envolvem o uso de tecnologias de informação e comunicação para o ensino, mas, considerando que a escola possui uma sala de

informática, com computadores conectados à internet, seria factível alguma proposta pedagógica dentro do PPP da escola que promovesse a utilização dos computadores.

Retornamos à escola após as avaliações bimestrais, para solicitar à professora e à direção da Escola a autorização para copiar a caderneta escolar, com o objetivo de fazer um levantamento das médias bimestrais. O Quadro 4 sintetiza as médias bimestrais, apresentando a média geral da turma por bimestre.

Quadro 4 – Média geral da turma por bimestre

Bimestre	Média da Turma
1º	6,6
2º	6,6
3º	6,5
4º	7,6

Fonte: Dados retirados da caderneta escolar da turma 1º Ano B.

Consoante aos dados do quadro (Quadro 4) podemos perceber que nos três bimestres iniciais existiu certa homogeneidade nas médias gerais da turma e que o rendimento geral da turma no 4º bimestre foi melhor. Ressaltando que, o conteúdo explorado na pesquisa foi aplicado durante o 4º bimestre.

A melhora no 4º bimestre pode indicar que o uso do computador e do software *Modellus* tenha contribuído para este resultado. Porém, não podemos deixar de refletir que a maioria dos alunos estava com média abaixo de sete (média mínima necessária para progressão nos estudos). A melhora nas médias do 4º bimestre pode ter sido devido ao esforço para serem aprovados, pois precisavam de médias maiores para progredir nos estudos.

Tendo em vista a confirmação e verificação da validade dos dados coletados durante a investigação, procuramos pontos convergentes ou divergentes encontrados nas observações, entrevistas e nos documentos, na tentativa de ampliar nossa compreensão sobre o fenômeno analisado nesta pesquisa.

Algumas informações obtidas no questionário de sondagem confirmaram que a maioria dos alunos têm acesso ao computador e à internet, porém, este acesso não ocorre no ambiente escolar, conforme os relatos das entrevistas. Isso reflete um descompasso nas metodologias e tecnologias utilizadas na escola com as tecnologias utilizadas pelos alunos, podendo ser um dos motivos pelos quais os alunos não têm interesse pelas aulas de Física.

Durante as observações realizadas nos encontros, na sala de informática da Escola, pudemos constatar a participação ativa dos alunos, interagindo com as simulações, explorando os modelos e sociabilizando os conhecimentos com colegas do grupo.

A professora de Física da turma se surpreendeu com a atitude dos alunos durante as aulas com uso do computador. A postura e o interesse demonstrados pelos alunos foram opostos ao que ocorria na sala de aula, havendo uma adesão dos alunos à metodologia utilizada.

Observamos durante as aulas e nos depoimentos dos alunos que a modelagem e simulação no *Modellus* suscitaram sua motivação para o estudo. A motivação gera uma disposição para a aprendizagem, e essa disposição é considerada por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) como um dos pré-requisitos mais importantes para a aprendizagem significativa.

Tendo em vista a melhora da atenção e participação dos alunos durante as aulas com o software, tais evidências foram obtidas nas observações realizadas na sala de informática, nas entrevistas e no material documental a qual tivemos acesso, sugerem que a modelagem e a simulação influenciaram de forma positiva o ensino da Energia Mecânica, para esta turma, facilitando e motivando a aprendizagem.

Os resultados das questões que foram respondidas ao final de cada atividade; o conteúdo das entrevistas; bem como a melhora do rendimento escolar verificado na caderneta escolar, nos conduzem a considerar que o produto educacional aplicado no estudo de caso foi organizado e estruturado com atividades de ensino potencialmente significativas, possibilitando a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos conceitos físicos desenvolvidos no *Modellus*, através da modelagem e simulação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional que desenvolvemos no Mestrado Profissional teve a pretensão de ser um produto potencialmente significativo para o ensino da Energia Mecânica, suas formas cinética e potencial, suas transformações e sua conservação. Utilizando para isto a modelagem e as simulações criadas no software *Modellus* com o intuito de motivar e facilitar a aprendizagem dos conceitos físicos.

A investigação procurou respostas de como a modelagem e a simulação computacional influenciam o ensino da Energia Mecânica em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a partir da intervenção pedagógica com o uso do software *Modellus*. Os dados analisados na pesquisa indicam que a principal contribuição das simulações e modelagens computacionais é o aumento da motivação e disposição para a aprendizagem significativa.

É importante destacar que as atividades criadas no *Modellus* formaram um recurso pedagógico útil, pois ajudaram os alunos a compreenderem os conceitos físicos do tema apresentado. Os dados qualitativos da pesquisa sugerem que a inserção da modelagem e simulações computacionais pode ser considerada no ensino de Física como uma ferramenta de apoio eficiente, no que se refere às aprendizagens.

Ressaltamos que existe algumas dificuldades, de ordem técnica, na implementação do uso do software *Modellus*, uma delas é sua instalação no sistema operacional Linux, o qual exige uma habilidade diferenciada. Para minimizar esta dificuldade desenvolvemos um roteiro para sua instalação e manuseio (Apêndice B).

Além da dificuldade técnica, existem outras fragilidades de ordem pedagógica para inserir novos recursos tecnológicos no ensino, que perpassa em todas as instancias da escola, desde o corpo técnico aos professores e alunos, que estão pouco habituados ao uso do computador e, muitas vezes, assumem uma aversão às novas estratégias de ensino.

Ao refletirmos sobre o trabalho desenvolvido nesta investigação, podemos dizer que foi uma experiência rica e agradável, que possibilitou um olhar diferenciado sobre a utilização do software *Modellus* na prática do ensino de Física. Contudo, ao final da investigação devemos ter um senso crítico em relação a tudo que foi desenvolvido, e avaliar todo o processo com o intuito de realizar alguns melhoramentos no futuro.

No transcorrer da investigação encontramos alguns pontos que devem ser destacados: a observação participante que pode ter provocado alteração no ambiente escolar e no comportamento dos alunos, ao saberem antecipadamente que estavam sendo avaliados; o ato

de filmar e tirar fotos nos encontros pode ter feito com que os alunos não agissem com naturalidade; o questionário de sondagem poderia apresentar mais questões sobre os conhecimentos prévios necessários para a aprendizagem da Energia; o fato da investigação ter ocorrido no final do ano, pois o 4º bimestre é atípico, devido à proximidade de encerramento do ano letivo e de algumas atividades extras, como foi o caso dos jogos internos da escola.

Apesar destes pontos identificados, os resultados obtidos ao triangular os dados nos indicam que a utilização do computador no ensino de Física tem sua validade e é factível a sua aplicação no contexto atual. O *Modellus* é um software educativo que tem o potencial de dar condições de ensino estimulantes, devido as suas características de permitir a interação com os objetos da simulação; de possibilitar a elaboração e exploração de modelos matemáticos, sem a necessidade de conhecimentos sobre linguagem de programação; de tal forma que o aluno pode aprender praticando, realizando testes e explorando as simulações.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, M. E. D. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. 3. ed. Brasília: Liber Livro Editora. 2008.

ARAUJO, I. S. **Um estudo sobre o desempenho de alunos de Física usuário da ferramenta computacional Modellus na interpretação de gráficos da cinemática**. Porto Alegre, 2002. Dissertação (Mestrado em Física). Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

AULER, D. **Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade**: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*. Campinas, v. 1, n. especial, p. 01-20, 2007.

_____. **Novos Caminhos para a Educação CTS**: ampliando a participação. In: IV Simpósio Nacional de tecnologia e sociedade. Curitiba. 2011. Disponível em <<http://www.esocite.org.br/eventos/tecsoc2011/cd-anais/arquivos/pdfs/artigos/gt003-novoscaminhos.pdf>> Acesso em: 16 Mar. 2013.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimento**: Uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano edições técnicas, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. *Caderno Brasileiro Ensino de Física*, v.19, n.3:p.291-313, dez, 2002. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/19-3/artpdf/a1.pdf>> Acesso em: 21 Fev 2013.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BRASIL. **Censo da educação básica**: 2012 – resumo técnico. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2013. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/resumos_tecnicos/resumo_tecnico_censo_educacao_basica_2012.pdf>. Acesso em: 03 out 2013.

COSTA, F. A. **A aprendizagem como critério de avaliação de conteúdos educativos online**. In *Cadernos SACAUSEF*. 2006. Disponível em: <<http://repositorio.ul.pt/handle/10451/5560>> Acesso em: 03 out 2012.

_____. **Avaliação de softwares educativos**: ensinem-me a pescar! In: Seminário sobre utilização de softwares educativos. Universidade de Lisboa, 2004. Disponível em: <http://www.crie.min-edu.pt/files/@crie/1186584598_Cadernos_SACAUSEF_46_53.pdf> Acesso em: 04 Out 2012.

CRUZ, S. M. S. C. S.; ZYLBERSZTAJN, A. **O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos**. In: PIETROCOLA, M. (Org.). *Ensino de física*:

conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integrada. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. cap. 8, p. 171-196.

DENZIN, N. K; LINCOLN, Y.S. **O planejamento da pesquisa qualitativa: Teorias e abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, A. E. **Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: parte I - circuitos elétricos simples**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2006, v. 28, n. 4.

_____. **Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: parte II - circuitos RLC**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2008, v. 30, n. 3.

ESTEBAN, M. P. S. **Pesquisa qualitativa em educação: Fundamentos e tradições**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FINO, C. N. **Avaliar software “educativo”**. In: Actas da III Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação. (p. 689 - 694). Braga: Universidade do Minho, 2003. Disponível em: <<http://www3.uma.pt/carlosfino/publicacoes/16.pdf>>. Acesso em: 04 Out 2012.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE J. **Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 3, Setembro, 2003 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-47442003000300002&script=sci_arttext>. Acesso em: 22 jan. 2013.

GERMANO, M. G. **Popularização da ciência como ação cultural libertadora**. In: V Colóquio Internacional Paulo Freire: Desafios à Sociedade Multicultural, 2005, Recife. Anais. Recife: UFPE/ V Colóquio Internacional Paulo Freire, 2005. p. 1-18.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. 8. ed. Rio de Janeiro: Record, 2004.

GOMES, A. S.; PADOVANI, S. **Usabilidade no ciclo de desenvolvimento de softwares educativos**. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2005. Juiz de Fora (MG). Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2005. v. 1. Disponível em: <http://cin.ufpe.br/~asg/publications/files/gomes_padovani_mini_curso_sbie_2005.pdf> Acesso em: 05 Out 2012.

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. **Laboratório didático: importância e utilização no processo ensino-aprendizagem**. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba. 2008. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0269-1.pdf>> Acesso em: 21 Fev 2013.

HARMS, N. C., YAGER, R.E. (Eds.) **What research says to the science teacher**. v. 3, Washington, DC: National Science Teachers Association, 1981.

Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, UNESCO (2010). **ICT transforming education: A Regional Guide**. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001892/189216E.pdf>>. Acesso em 26 fev. 2013.

LEVY, P. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática.** Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

LIMA, I. M. **Experimentos demonstrativos e ensino de Física: uma experiência na sala de aula.** Dissertação Mestrado. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande. 2012. Disponível em: <http://bdtd.uepb.edu.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=226> Acesso em: 4 Fev. 2014.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: Abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.

MARINELI, F.; PACCA, J. L. A. **Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de física.** Rev. Bras. Ensino Fís. 2006, vol.28, n.4, pp. 497-505. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172006000400012&script=sci_arttext > Acesso em: 21 Fev 2013.

MARTINS, G. A. **Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARTINS, R. A. **Introdução: A História das Ciências e seus usos na educação.** In: SILVA, C. C. (org.). Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. xxi-xxxiv, 2006.

MÁTAR NETO, J. A. **Metodologia científica na era da informática.** São Paulo: Saraiva. 2002.

MATTHEWS, M. R. **Science Teaching – The role of History and Philosophy of Science.** New York: Routledge. 1994.

MATTHEWS, M. R. **História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Vol. 12, nº 3, pp. 164-214,1995.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, no. 2, Junho, 2002. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000200002 > Acesso em: 10 Nov. 2012.

MELO, R. B. F. **O software modellus e suas contribuições no processo de ensino e aprendizagem do movimento retilíneo uniforme e do movimento retilíneo uniforme variado.** Dissertação Mestrado. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande. 2011. Disponível em: <http://bdtd.uepb.edu.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=224> Acesso em: 5 Mai. 2012.

MENDES, J. F.; COSTA. I. F.; SOUZA, C.M.S.G. **O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 1, 2012. Disponível em: < <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/342402.pdf> > Acesso em: 25 Ago. 2012.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M. **Qualitative data analysis.** Thousand Oaks: Sage Publications, Inc. 1994.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem Cognitivista ao Ensino de Física.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1983.

NASCIMENTO, J. K. F. **Informática aplicada à educação**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007.

OLIVEIRA, H. S. ; FREIRE, M. L. F. **Um relato de experiência da utilização do software Modellus e de mapas conceituais no ensino de física**. In: 4º ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 2012. **Anais...** Garanhuns, 2012. p. 273-278. CD-ROM.

_____. **Uma análise introdutória da utilização do computador e da Internet no contexto escolar**. In: II ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA DA UEPB, 2012. **Anais...** Campina Grande: REALIZE EDITORA, 2012. v. 1. p. 140-140. CD-ROM.

OLIVEIRA, R. B.; LINHARES, M. P. **Uso do software Modellus como motivador e facilitador de aprendizagem em física**. 2005. In: XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA. **Anais eletrônico...** Rio de Janeiro: CEFET/RJ, 2005. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0560-1.pdf>>. Acesso em 03 Fev. 2012.

OLIVEIRA, R. **Informática educativa: dos planos e discursos à sala de aula**. Campinas, SP: Papirus, 1997.

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PEDUZZI, L. O. Q. **Sobre a utilização didática da História da Ciência**. In: PIETROCOLA, M. (org.) **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: ed. da UFSC, 2001.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em contextos. Pessoal, Social e Histórico: energia, calor, imagem e som** (Coleção Física em contextos: pessoal, social e histórico; v. 2). 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

PINHO ALVES, J. **Atividades Experimentais: do método à prática construtivista**. Tese Doutorado. Universidade Federal De Santa Catarina. Florianópolis. 2000.a. Disponível em: < http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/50007/mod_resource/content/1/Tese1.pdf > Acesso em: 21 Fev 2013.

_____. **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, ag. 2000.b. Disponível em: < <http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/17-2/artpdf/a4.pdf> > Acesso em: 21 Fev 2013.

PRENSKY, M. **Digital Natives, Digital Immigrants**. MCB University Press, 2001. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?issn=1074-8121&volume=9&issue=5&articleid=1532742&show=pdf>>. Acesso em: 01 ago 2013.

RODRIGUES, N. C. **Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação: um desafio na prática docente**. Fórum Linguístico, Florianópolis, v.6, nº 1 (1-22), jan-jun, 2009. Disponível em: < <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/forum/article/viewFile/1984-8412.2009v6n1p1/11863>>. Acesso em 27 Fev. 2013.

ROSA, C. W. **Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de física na universidade de passo fundo**. Ensaio. v.5, nº 2, out 2003. Disponível em: <

<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/62/100> > Acesso em: 21 Fev 2013.

ROSA, P. R. S. **O uso de computadores no ensino de Física.** Parte I: potencialidades e uso real. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.7, n.2, p. 182-195, Jun. 1995. Disponível em: < <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol17a21.pdf> > Acesso em: 26 Fev. 2013.

SANTOS, G. H.; ALVES, L.; MORET, M. A. **Modellus:** Animações Interativas mediando a Aprendizagem Significativa dos Conceitos de Física no Ensino Médio. Revista Sitientibus – Série Ciências Físicas, v. 2, p. 56-67, dez/2006. Disponível em: <<http://www.ensino.eb.br/portaledu/conteudo/artigo1035.pdf>> Acesso em: 05 Abr. 2012.

SANTOS, G.; OTERO, M. R.; FANARO, M. D. L. A. **¿Cómo usar software de simulación en clases de física?** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 1: p. 50-66, abr. 2000. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/17-1/artpdf/a5.pdf>> Acesso em: 27 Fev. 2013.

SÉRÉ, M. G.; COELHO S. M.; NUNES A. D. **O papel da experimentação no ensino da física.** Cad. Bras. Ens. Fís., v.20, n.1: 30-42, abr. 2003. Disponível em: < <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9897/9231> > Acesso em: 21 Fev 2013.

SILVA, C. C.; PAGLIARINI, C. R. **A natureza da ciência em livros didáticos de física.** XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba. 2008. Disponível em < <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0158-1.pdf>> Acesso em: 19 Fev. 2013.

SILVA, I. L.; SILVA, A. P. B. **A teoria de Bohr-Kramers-Slater para a mecânica quântica:** perspectivas para o ensino de física. In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba, 2008. Disponível em: < <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0012-1.pdf> > Acesso em 18 Fev. 2013.

SOUZA, M. T. C. C. **Intervenção psicopedagógica: como e o que planejar?** In: SISTO, F. F. et al. (org.). Atuação Psicopedagógica e Aprendizagem Escolar. Petrópolis: Vozes, 1996. cap.6, p.113- 126.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional.** 12. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

TEODORO, V. D. **Modellus:** Learning Physics with Mathematical Modelling. Tese de Doutorado em Ciência da Educação, Universidade de Nova Lisboa, 2002.

VALENTE, J.A. **O computador na sociedade do conhecimento.** Campinas: UNICAMP/NIED, 1999.

VANNUCCHI, A. I. **A relação ciência, tecnologia e sociedade no ensino de ciências.** In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciência:** unindo pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 77-99.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. **Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física. São Paulo, v. 24, n.2, p. 87-96, Jun. 2002. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br>>

org.br/rbef/pdf/v24_87.pdf > Acesso em: 10 Nov. 2011.

VIANNA, H. M. **Pesquisa em educação: a observação**. Brasília: Liber Livro Editora, 2007.

VIEIRA, F. M. S. **Avaliação de Softwares educativos: Reflexões para uma Análise Criteriosa**, 1999. Disponível em: <www.edutec.net/Textos/Alia/Misc/edmagali2.htm> Acesso em: 03 de Out. 2011.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman. 2001.

ZYLBERSZTAJN, A. **Concepções espontâneas em Física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino**. Revista de Ensino de Física. v.5, n.2, p.3-16, dezembro de 1983. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol05a09.pdf>>. Acesso em: 14 de Abr. 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Ficha de avaliação de software¹¹

IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO	
MANUAIS DE EXPLORAÇÃO	A aplicação inclui manuais de exploração?
TIPO DE SOFTWARE	Tendo como base as diferentes tipologias de software, como se pode classificar esta aplicação?
HABILIDADES E COMPETÊNCIAS	Quais são as habilidades e competências desenvolvidas pelo usuário com a utilização do software?
NÍVEL ETÁRIO	Em que idades a aplicação pode ser preferencialmente utilizada?
NÍVEL DE ENSINO	Para que nível ou níveis de ensino parece mais adequado?
ÁREA CURRICULAR	Em que disciplinas ou áreas disciplinares pode ser utilizado? Para abordar que tópicos concretos do currículo?
AValiação ENQUANTO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM	
ADEQUAÇÃO AOS USUÁRIOS (Em que medida a aplicação é adequada ao público a quem se destina?)	A aplicação é adequada ao público a quem se destina (nível etário, experiência prévia, estilo de aprendizagem, linguagem utilizada, grau de complexidade do conteúdo, tipo de organização da informação, ritmos de aprendizagem, preferências dos usuários, etc.)? Permite uma utilização diferenciada em função de diferentes tipos de usuários? Existem pré-requisitos para a sua utilização (conhecimentos, competências, atitudes, preferências, motivações, estilos de aprendizagem, etc.)?
OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM (Em que medida a aplicação permite uma aprendizagem significativa, cumulativa, integrativa ?)	Que tipo de aprendizagens (conhecimentos, competências, habilidades ou atitudes) proporciona a aplicação? A aplicação encoraja o aluno a refletir sobre o que sabe ou sobre o que teve oportunidade de experienciar? Em que medida faz conexões entre a nova informação e os conhecimentos já existentes? É possível uma utilização em função de objetivos definidos pelos próprios usuários? A aplicação prevê ou proporciona condições para uma integração efetiva nas atividades que se desenvolvem, fora do computador, em contexto de aprendizagem como, por exemplo, a sala de aulas?
ESTRATÉGIAS DE EXPLORAÇÃO E INTERATIVIDADE (Em que medida a aplicação promove o envolvimento ativo do usuário na construção do conhecimento?)	A aplicação coloca o usuário numa situação de aprendizagem ativa e controlada pelo próprio aluno? As formas de acesso à informação são adequadas em função desse objetivo? Que atividade cognitiva é promovida pelas atividades que ocorrem na interface da aplicação? A aplicação é desenhada de forma a apresentar problemas que o usuário tem de resolver? Em que medida a aplicação permite que o usuário desenvolva a compreensão do conteúdo através da ação sobre esse conteúdo? (manipulação, "aprender fazendo") Em que medida a aplicação permite a construção de novas representações como forma de compreensão dos conceitos a aprender? Em que medida a aplicação permite a experimentação e a verificação de hipóteses sobre o modelo de funcionamento de um determinado sistema?
AUTONOMIA NA APRENDIZAGEM (Em que medida a	A aplicação permite a autorregulação do processo de aprendizagem por parte do usuário? A aplicação coloca o usuário numa situação de reflexão sobre as suas

¹¹ Adaptado do projeto Pedactice, disponível no site <http://www2.fpce.ul.pt/projectos/pedactice/>. Acesso em: 06 Out. 2012.

aplicação contribui para o desenvolvimento da autonomia na aprendizagem?)	<p>próprias estratégias de pensamento e de estudo?</p> <p>O seu uso contribui explicitamente para a aquisição e desenvolvimento de capacidades de autoaprendizagem?</p> <p>Contém elementos de organização interna que permitam ao aluno perceber os conhecimentos que domina com facilidade e aqueles sobre os quais sente maiores dificuldades?</p> <p>O usuário pode definir os seus próprios objetivos de aprendizagem e decidir quando quer ser avaliado?</p>
<p>INTERAÇÃO SOCIAL</p> <p>(Em que medida a aplicação se baseia ou promove a interação do usuário com outras pessoas?)</p>	<p>A aplicação enfatiza uma utilização de natureza colaborativa, nomeadamente através de estratégias que promovam e orientem a interação com outros usuários, tais como o professor ou os colegas de grupo?</p> <p>Permite ao usuário fazer algo que possa partilhar com outras pessoas?</p>
APRECIACÃO GLOBAL DO PRODUTO	
<p>QUALIDADE GLOBAL</p> <p>(Flexibilidade, versatilidade, fiabilidade, ferramentas,...)</p>	<p>A aplicação tem um comportamento consistente, estável e isento de erros?</p> <p>É consistente em termos de conteúdo, estilo, terminologia?</p> <p>Que balanço geral se pode fazer da aplicação para utilização para fins educativos?</p> <p>Em que medida pode servir como ferramenta de suporte à aprendizagem?</p> <p>Facilita o pensamento crítico?</p> <p>Pode contribuir para melhorar o rendimento académico de que a usa?</p> <p>Aproveita as potencialidades do computador para gerar interações que favorecem aprendizagens significativas e transferíveis para outras situações?</p> <p>Representa um uso inovador e criativo das potencialidades do computador?</p> <p>Permite adaptação para satisfazer as necessidades de diferentes tipos de usuários?</p> <p>Permite uma utilização "diferenciada" de acordo com a especificidade de estilos cognitivos e de aprendizagem diferenciados?</p> <p>Permite a integração com outros meios didáticos e pode adaptar-se facilmente a diferentes ambientes de aprendizagem (sala de aulas, laboratório de informática, centro de recursos, etc.)?</p> <p>Quais as "mais-valias" da aplicação relativamente aos recursos tradicionais (livro, vídeo, etc.)</p>
<p>FACILIDADE DE APRENDIZAGEM E DE UTILIZAÇÃO</p>	<p>A aplicação tem um tempo de aprendizagem curto?</p> <p>Em que medida é fácil de aprender? E fácil de utilizar?</p>
<p>QUALIDADE DO CONTEÚDO CIENTÍFICO</p>	<p>Que se pode concluir sobre o rigor, a correção científica e a atualidade da informação disponível?</p> <p>O conteúdo incluído na aplicação tem valor em si mesmo? (valor absoluto)</p> <p>O nível de complexidade do conteúdo e a linguagem são adequados?</p>
<p>QUALIDADE DA INTERFACE GRÁFICA</p>	<p>Em que medida a interface tira partido das diferentes formas possíveis de representação da informação?</p> <p>(texto, som, imagem fixa, animação, vídeo, etc.)</p> <p>Do ponto de vista estético, a interface é agradável?</p> <p>A interface é intuitiva e simples, reduzindo ao essencial as funções relevantes?</p> <p>Em que medida facilita a aprendizagem?</p>
<p>QUALIDADE DOS MATERIAIS DE SUPORTE E POSSIBILIDADE DE</p>	<p>No caso de existirem materiais de suporte (por exemplo, manuais de exploração), o que se pode concluir sobre a sua qualidade pedagógica?</p> <p>A quem se destinam? (professor, aluno)</p> <p>De que maneira podem contribuir para os objetivos de aprendizagem?</p>

UTILIZAÇÃO EM REDE	No caso da aplicação poder ser utilizada em rede, quais as possibilidades de exploração que daí resultam?
MOTIVAÇÃO E SATISFAÇÃO GLOBAL (do ponto de vista do aluno)	A forma como a aplicação está concebida motiva e estimula o interesse do usuário? Os materiais e atividades propostos encorajam o usuário a aprender mais? A aplicação consegue manter elevada a motivação dos usuários? Proporciona um ambiente agradável para a aprendizagem? A aplicação é emocionalmente confortável para o usuário, isto é, proporciona prazer e lhe uma sensação de confiança na tarefa e êxito na aprendizagem?
PONTOS FORTES	Quais os aspectos da aplicação que mais podem contribuir e reforçar a aprendizagem? Quais os aspectos da aplicação de que mais gostou?
PONTOS FRACOS	Quais os aspectos da aplicação que, de alguma forma, podem dificultar a aprendizagem? Quais os aspectos da aplicação de que menos gostou?
OUTROS ASPECTOS DIGNOS DE REALCE	Que outros fatores, emergentes da análise, devem ser incluídos na apreciação global da aplicação?

APÊNDICE B – Manual ¹² de instalação e utilização do *Modellus*

Instalação do Modellus no Windows

1º - Faça o download do Modellus versão 4.01, na página oficial <http://modellus.fct.unl.pt/> ou download Modellus 4.01.

2º - Instale o Modellus.

Instalação do Modellus no Linux Educacional

Para instalação siga os passos:

1º - Faça o download da versão atual do Java SE Development Kit (jdk-7-windows-i586) e da versão 4.01 do Modellus, na página oficial <http://modellus.fct.unl.pt/> ou download Modellus 4.01.

2º - Instale a versão do Java utilizando o wine;

3º - Instale o Modellus.

4º - Abra o programa Wine, localizado no menu INICIAR, entre na Configuração do Wine, desmarque a opção Permitir Pixel Shader (se suportado pelo hardware)

Instalação por Pen Drive

As vezes o Linux Educacional não consegue realizar a leitura do pen drive, para resolver esse problema siga as instruções:

1º Entrar no menu – INICIAR – SISTEMA – GERENCIADOR DE ARQUIVOS (MODO SUPER USUÁRIO)

2º Procurar a pasta `/etc/fstab`

3º Clicar dentro da pasta com o botão direito e escolha abrir com o KATE

4º Excluir a linha que contém `/div/sdb1/mídia/cdrom0`

5º Salvar e reiniciar o computador.

Atualização do Wine

Passo a passo para atualização do wine no linux educacional 3.0

1º Entrar no menu INICIAR – SISTEMA – GERENCIADOR DE ARQUIVOS (MODO SUPER USUARIO)

2º ONDE SE ENCONTRA `/root`, você deve apagar e digitar:

`/etc/apt/sources.list`

Abra esse arquivo, em cima do texto clique com o botão direito do mouse e selecione ABRIR COM – Kwrite.

3º Adicione no final do texto:

¹² Manual produzido pelo próprio autor.

Wine

```
deb http://www.lamaresh.net/apt lenny main
```

```
deb http://ftp.pt.debian.org/debian/ lenny main contrib non-free
```

```
# deb-src http://ftp.pt.debian.org/debian/ lenny main
```

```
deb http://security.debian.org/ lenny/updates main contrib non-free
```

```
# deb-src http://security.debian.org/ lenny/updates main
```

4º Salve o arquivo e feche as janelas.

5º Entre no menu INICIAR – SISTEMA – TERMINAL

6º Na tela terminal, entre como super usuário, digitando su (e depois enter) a senha.

7º Ainda no terminal digite: apt-get update

Espere um tempo para finalização das possíveis atualizações.

8º Digite: apt-get install wine

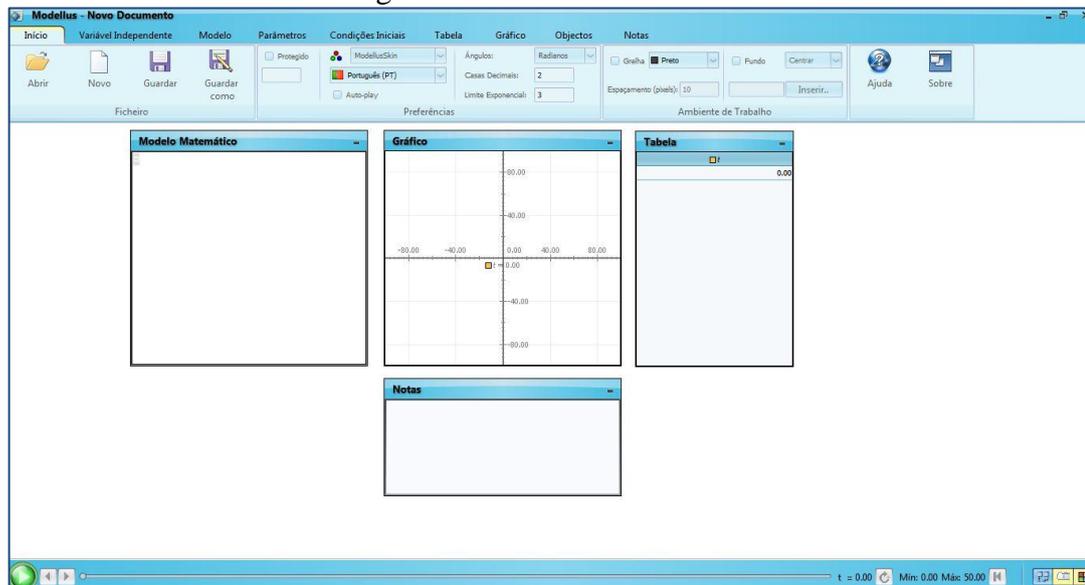
9º Entre no menu INICIAR – EXECUTAR COMANDO, digite winecfg (escolha executar), selecione a ABA – GRAPHICS e desmarque a opção Allo Pixel Shader.

Manual ¹³de Utilização do Modellus

O *Modellus* possui 5 (cinco) janelas:

- Janela Modelo Matemático, é nesta janela que podemos “escrever” o modelo matemático dos fenômenos físicos que queremos analisar.
- Janela Gráficos, nesta janela é construído os gráficos.
- Janela Tabela, nesta janela pode ser adicionado automaticamente os valores das grandezas físicas em função do tempo.
- Janela Notas, nesta janela pode ser utilizada para inserir notas explicativas do modelo criado ou questionamentos sobre o modelo.
- Janela Simulação ou área de trabalho, nesta área são desenvolvidas as simulações, bem como a introdução de indicadores de níveis e variáveis.

Figura A - Janelas do *Modellus*

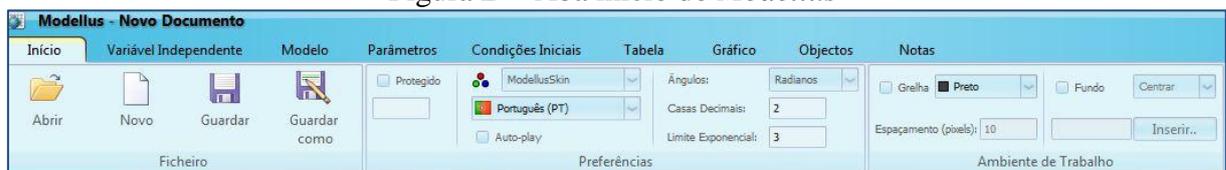


Fonte: Modellus 4.01.

Além das janelas o *Modellus* possui 9 (nove) abas, cada uma delas possui um conjunto de comandos.

Aba início: Nesta aba pode-se abrir um arquivo existente, criar e salvar um novo arquivo, inserir senha de proteção para os modelos matemáticos, alterar a unidade de medida dos ângulos, inserir grelha ou fundo de imagem.

Figura B – Aba início do *Modellus*



Fonte: Modellus 4.01.

¹³ Manual produzido pelo próprio autor.

Aba variável independente: Por padrão a variável independente é o tempo, mas nesta aba pode-se escolher outra variável, modificar o passo e os valores mínimos e máximos.

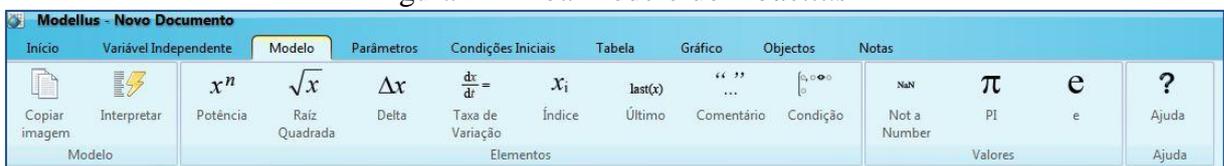
Figura C – Aba variável independente do *Modellus*



Fonte: Modellus 4.01.

Aba modelo: Nesta aba é possível inserir na janela modelo alguns caracteres matemáticos como o PI o e (exponencial), raiz, potência, taxa de variação e condições.

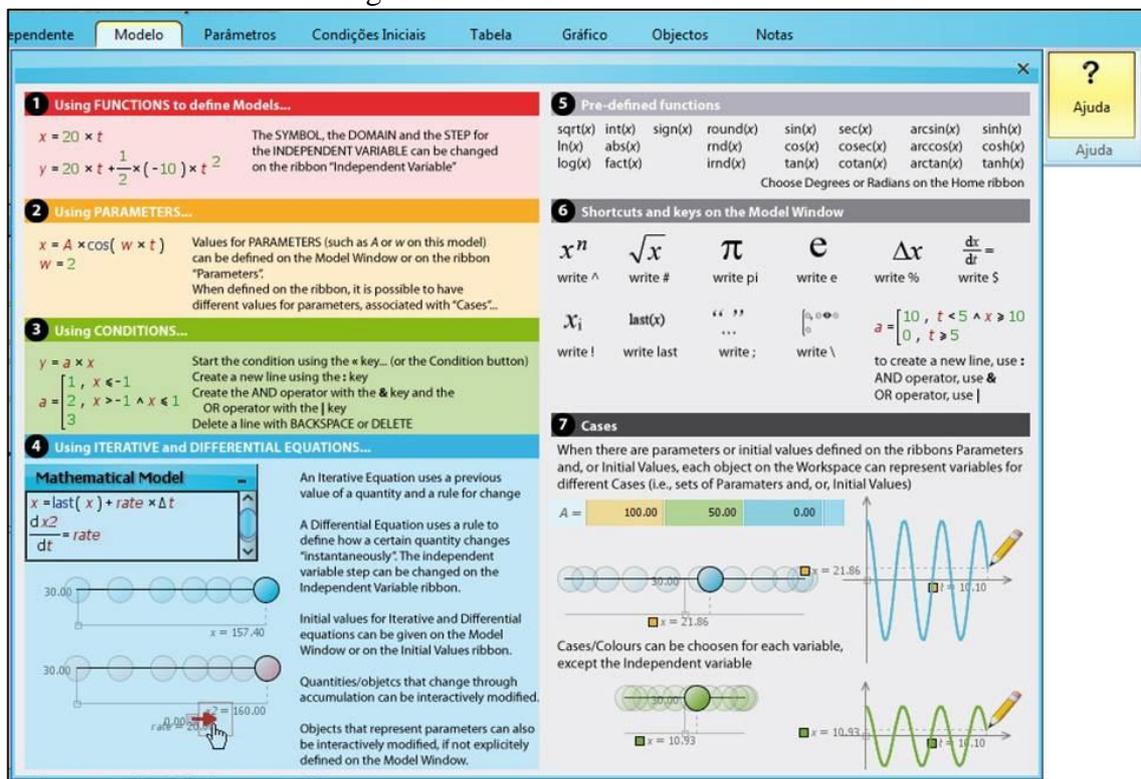
Figura D – Aba Modelo do *Modellus*



Fonte: Modellus 4.01.

Nesta aba existe um botão de ajuda explica algumas funcionalidades do *Modellus*, como o uso das funções, dos parâmetros, das condições iniciais, das equações diferenciais e dos casos.

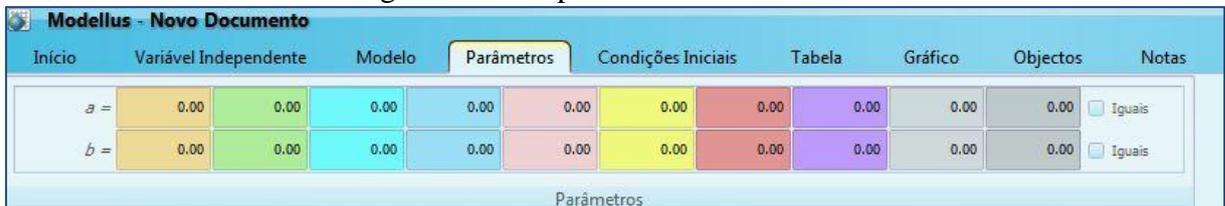
Figura E – Aba Modelo do *Modellus*



Fonte: Modellus 4.01.

Aba parâmetros: Esta aba serve para inserir os valores correspondentes aos parâmetros do modelo matemático, para 10 (dez) casos possíveis.

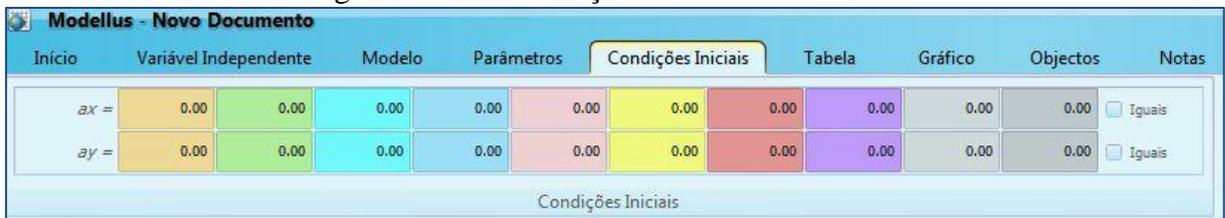
Figura F – Aba parâmetros do *Modellus*



Fonte: Modellus 4.01.

Aba condições iniciais: Esta aba é utilizada para inserir as condições iniciais, quando os modelos matemáticos utilizam equação diferencial.

Figura G – Aba condições iniciais do *Modellus*



Fonte: Modellus 4.01.

Aba tabelas: Esta aba é útil para escolher as variáveis que serão tabeladas, bem como o passo tabelado.

Figura H – Aba tabela do *Modellus*



Fonte: Modellus 4.01.

Aba gráfico: Esta aba serve para escolher as variáveis dos eixos que serão apresentadas no gráfico, bem como configurar a escala e a apresentação dos valores.

Figura I – Aba gráfico do *Modellus*



Fonte: Modellus 4.01.

Aba objetos: Nesta aba encontram-se os objetos que podem ser utilizados nas simulações, como por exemplo: as partículas, vetores, textos, indicadores de níveis, variáveis, imagens, objetos geométricos e régua para medição.

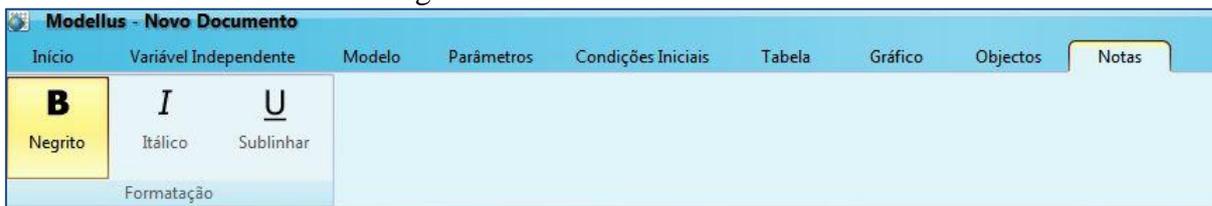
Figura J – Aba objetos do *Modellus*



Fonte: Modellus 4.01.

Aba notas: Aba utilizada para formatar o texto das anotações.

Figura K – Aba notas do *Modellus*



Fonte: Modellus 4.01.

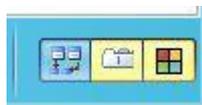
Controle da Simulação

O controle de simulação é situado na parte inferior do Modellus; o botão verde da Figura L dá início a simulação; pode-se esconder ocultar as abas selecionando o botão branco da Figura M.

Figura L



Figura M



Fonte: Modellus 4.01.



APÊNDICE C – Questionário¹⁴
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Nome: _____

Turma: _____

Idade: _____

Sexo: Masculino Feminino

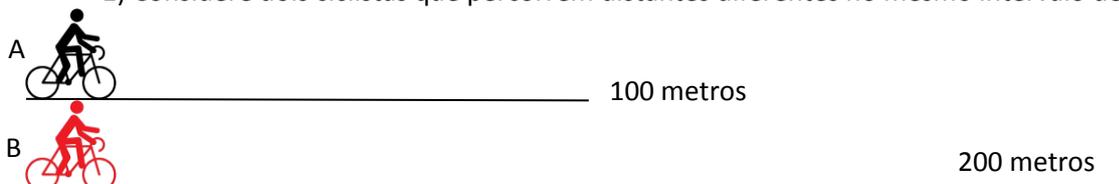
Primeira vez que faz o 1º ano do Ensino Médio: Sim Não

Estudou conteúdos de física no 9º ano (8ª série): Sim Não

Tem acesso a computador? Sim Não E a Internet? Sim Não

Responda as questões abaixo:

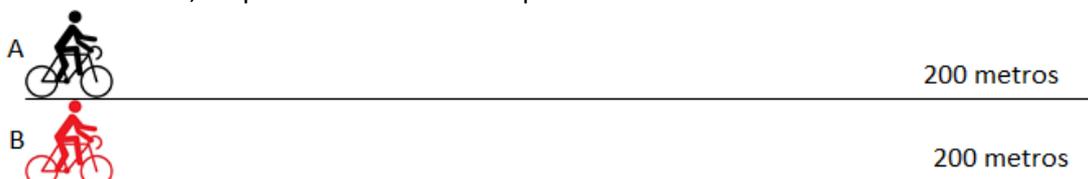
1) Considere dois ciclistas que percorrem distâncias diferentes no mesmo intervalo de tempo.



Nessa situação podemos afirmar que:

- a) A velocidade média do ciclista A é o dobro da velocidade do ciclista B.
- b) As velocidades dos ciclistas são iguais, pois gastam o mesmo tempo.
- c) A velocidade média do ciclista B é o dobro da velocidade do ciclista A.
- d) A velocidade média do ciclista B é o triplo da velocidade do ciclista A.
- e) Não sei responder.

2) Considere dois ciclistas que percorrem a mesma distância, sendo que o ciclista A faz o percurso em 10 s, enquanto o ciclista B faz o percurso em 20 s.



Nessa situação podemos afirmar que:

- a) A velocidade média do ciclista A é o dobro da velocidade do ciclista B.
- b) As velocidades dos ciclistas são iguais, pois percorrem a mesma distância.
- c) A velocidade média do ciclista B é o dobro da velocidade do ciclista A.
- d) A velocidade média do ciclista B é o triplo da velocidade do ciclista A.
- e) Não sei responder.

¹⁴ Questionário produzido pelo próprio autor.

3) O movimento de uma moto teve as velocidades anotadas e tabeladas em função do tempo.

t (s)	0	5	10	15	20
v (km/h)	12	17	22	27	32

Em relação aos dados da tabela, podemos afirmar que:

- a) Sua aceleração aumentou no decorrer do tempo.
- b) Sua aceleração permaneceu constante.
- c) Sua velocidade permaneceu constante.
- d) A aceleração e a velocidade aumentaram no decorrer do tempo.
- e) Não sei responder.

4) Quando um físico afirma que um corpo ao cair próximo a superfície da Terra mantém sua aceleração constante e igual a $9,8 \text{ m/s}^2$, ele quer dizer que:

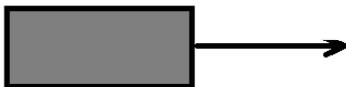
- a) A velocidade do corpo aumenta $9,8 \text{ m/s}$ a cada metro.
- b) A velocidade do corpo aumenta $9,8 \text{ m/s}$ a cada segundo.
- c) A velocidade do corpo aumenta $9,8 \text{ m/s}$ a cada dois segundos.
- d) A velocidade de queda é constante.
- e) Não sei responder.

5) Um astronauta ao chegar na superfície da lua faz observações do seu peso e da sua massa em relação aos valores de quando estava na Terra, dentre elas marque a afirmativa verdadeira, considerando que o astronauta não tenha engordado ou emagrecido durante a viagem.

- a) O meu peso e a minha massa continuam com os mesmos valores.
- b) O meu peso e a minha massa diminuíram.
- c) O meu peso diminuiu e a minha massa se manteve a mesma.
- d) O meu peso se manteve constante e a minha massa diminuiu.
- e) Não sei responder.

6) Na figura abaixo temos um corpo de massa M sendo puxado por uma força F (constante).

Considerando as leis de Newton e desprezando as forças de atrito, podemos afirmar que:



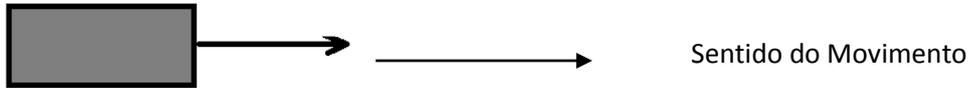
- a) O corpo realiza um movimento uniforme (velocidade constante)
- b) A aceleração do corpo aumenta no decorrer do tempo.
- c) A aceleração do corpo será constante e depende da força.
- d) A aceleração do corpo não depende da força.
- e) Não sei responder.

7) Das afirmativas abaixo, é correta aquela que estabelece o conceito de trabalho realizado sobre um corpo como sendo:

- a) Igual à energia potencial do corpo.
- b) Igual à energia cinética do corpo.
- c) Uma medida quantitativa da variação de energia.
- d) Igual à força vezes a distância vezes a velocidade.

e) Não sei responder.

8) Um bloco de massa m está sendo arrastado por uma força constante F sobre um plano horizontal sem atrito, conforme a figura abaixo. Nessa situação, pode-se afirmar que:



- a) O trabalho resultante realizado sobre o bloco pela força F é negativo.
- b) O trabalho resultante realizado pela força F é nulo.
- c) O trabalho não depende da força.
- d) O trabalho realizado pela força F é igual à variação da energia cinética do bloco.
- e) Não sei responder.

9) Em uma primeira situação um jogador de basquete ergue a bola a 1 m de altura em relação ao solo, na segunda situação o mesmo jogador ergue a bola a uma altura de 2 m em relação ao solo, considerando as situações, podemos afirmar que:

- a) A energia potencial que a bola adquire é a mesma nas duas situações.
- b) A energia potencial da bola é maior quando está a 1 m de altura em relação ao solo.
- c) A energia potencial da bola é duas vezes maior quando está a 2 m de altura em relação ao solo.
- d) A energia potencial não depende da altura em relação ao solo, depende apenas da massa.
- e) Não sei responder.

10) Um ciclista move-se com velocidade constante, em um plano horizontal. Se ele pedalar mais rápido, aumentando sua aceleração e sua velocidade, o que ocorrerá com sua energia cinética?

E com sua energia potencial gravitacional?

- a) Ambas energias iram aumentar.
- b) A energia potencial aumenta e a energia cinética diminui.
- c) A energia cinética aumenta e a energia potencial continuará zero em relação ao solo.
- d) A energia potencial diminui e a energia cinética aumenta.
- e) Não sei responder.

11) Observe a situação descrita na tirinha abaixo.



(CARUSO, F.; DAOU, L. Tirinhas de Física. Rio de Janeiro: CBPF, 2000.)

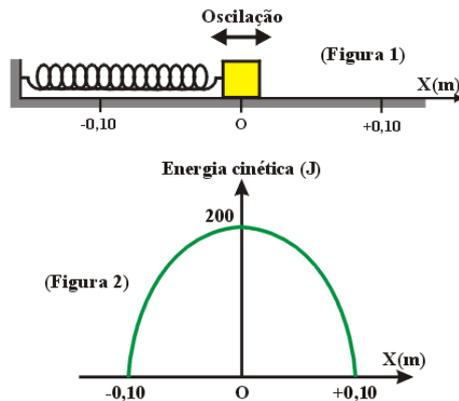
Assim que o menino lança a flecha, enquanto a flecha se encontra em contato com a corda do arco, há transformação de um tipo de energia em outra. A transformação, nesse caso, é de energia

- a) Potencial elástica em energia gravitacional.
- b) Potencial elástica em energia cinética.
- c) Cinética em energia potencial elástica.
- d) Gravitacional em energia cinética.
- e) Não sei responder.

12) Um corpo colocado a certa altura em relação ao solo possui energia potencial gravitacional. Se o soltarmos, seu próprio peso coloca-o em movimento e, à medida que o corpo vai caindo, a:

- a) Energia cinética aumenta.
- b) Energia cinética diminui.
- c) Energia cinética permanece constante.
- d) Energia potencial gravitacional aumenta.
- e) Não sei responder.

13) Um bloco de massa $m = 1,0$ kg, preso à extremidade de uma mola ideal e apoiado sobre uma superfície horizontal perfeitamente polida, oscila em torno da posição de equilíbrio com uma amplitude de $0,10$ m, conforme representa a figura 1. A figura traz o gráfico da energia cinética do bloco em função de sua posição sobre o eixo de referência Ox .



É correto afirmar que:

- a) Quando o bloco está nos pontos extremos, isto é, nos locais em que $x = \pm 0,10$ m, sua energia potencial é nula.
- b) A intensidade da força que a mola exerce no bloco na posição $x = 0$ é máxima.
- c) A energia potencial elástica armazenada na mola na posição $x = 0$ é máxima.
- d) Na posição de equilíbrio ($x=0$), a energia cinética do bloco é máxima.
- e) Não sei responder.

GABARITO

1-C; 2-A; 3-B; 4-B; 5-C; 6-C; 7-D; 8-D; 9-C; 10-C; 11-B; 12-A; 13-D



MESTRANDO: HUMBERTO DA SILVA OLIVEIRA

ORIENTADORA: DR^a MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE

¹⁵ Guia produzido pelo próprio autor.



APRESENTAÇÃO

Este guia do aluno contém algumas questões e orientações de utilização das simulações sobre: energia mecânica, seus tipos e sua conservação

Foram desenvolvidas 6 (seis) simulações no software Modellus, que podem ser alteradas, conforme a necessidade. Cada simulação contempla uma situação específica do conteúdo, que são descritas neste guia.



ORIENTAÇÕES INICIAIS

Após ter ligado o computador verifique se a resolução da tela está em 1280 x 720 ou superior, caso a resolução esteja abaixo deste valor, altere para no mínimo o valor citado anteriormente, caso contrário as simulações sofrerão cortes nas telas.

Responda no seu caderno as perguntas que se encontram no final de cada atividade e anote todos os conceitos físicos encontrados em cada simulação.

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Procure no computador a pasta **Modellus 4.01 java**, clique com o botão direito do mouse no arquivo **Modellus#915**, selecione abrir com **java runtime**.

2º Na Aba início, procure a pasta Atividades e abra o arquivo Atividade__.modellus (Figura a)

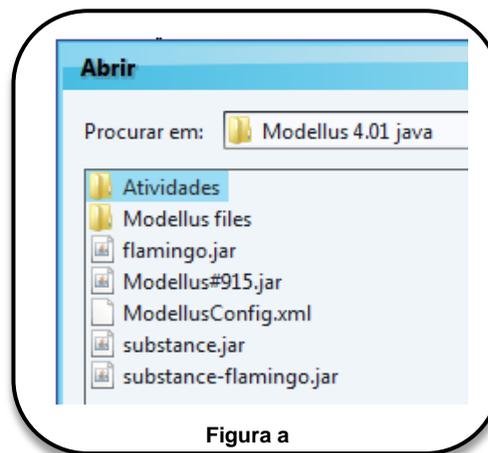


Figura a



3º Maximize a tela (Figura b).

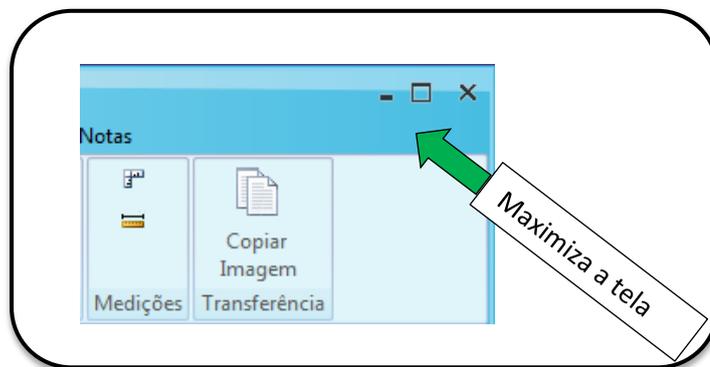


Figura b: Maximizar a tela

4º Minimize as abas (Figura c).



Figura c: Esconder as abas

SIMULAÇÃO 1

TRABALHO E TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA

Observe a janela de trabalho do Modellus, nela você será capaz de verificar:

- as grandezas físicas dos indicadores de níveis,
- o modelo matemático,
- os gráficos,
- os valores iniciais e finais das grandezas.

Siga as orientações:

1º Inicie a simulação no botão <play> no canto inferior esquerdo da tela.

2º Observe os valores da energia cinética inicial, da energia cinética final e do trabalho.

3º Observe os gráficos: Força x Espaço e Trabalho x Tempo,

4º Dê *pause* e resete a simulação (Figuras 4a e 4b). Reinicie, alterando os valores da força, velocidade inicial e ângulo, observe o que acontece com o trabalho e com a energia cinética.

Registre suas observações e discuta com o colega do seu grupo, identificando quais os conceitos físicos apresentados na simulação e relacionando com o que foi estudado em sala de aula.

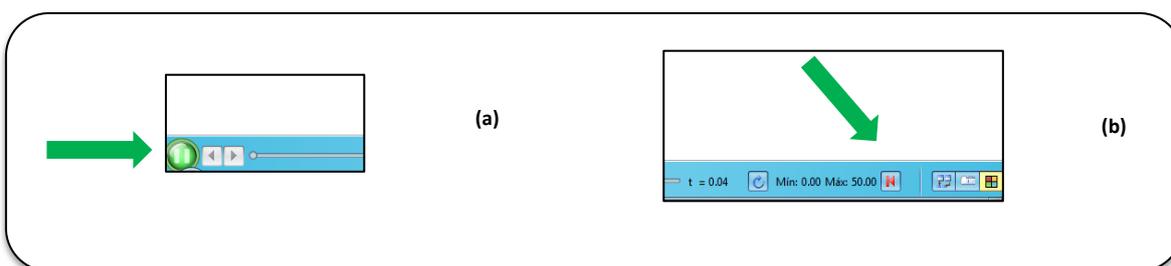


Figura d: Pause e Reset da Simulação

Responda:

- O que acontece com o trabalho da força F quando alteramos a direção da força? E quando alteramos apenas o valor da força, mantendo sua direção?
- O trabalho pode ser determinado pela variação da energia cinética?
- O que representa a área do gráfico da Força x Espaço?

SIMULAÇÃO 2

ENERGIA CINÉTICA

Seguindo os procedimentos anteriores, abra o arquivo *atividade2.modellus* (Figura e).

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Maximize a tela (Figura a).

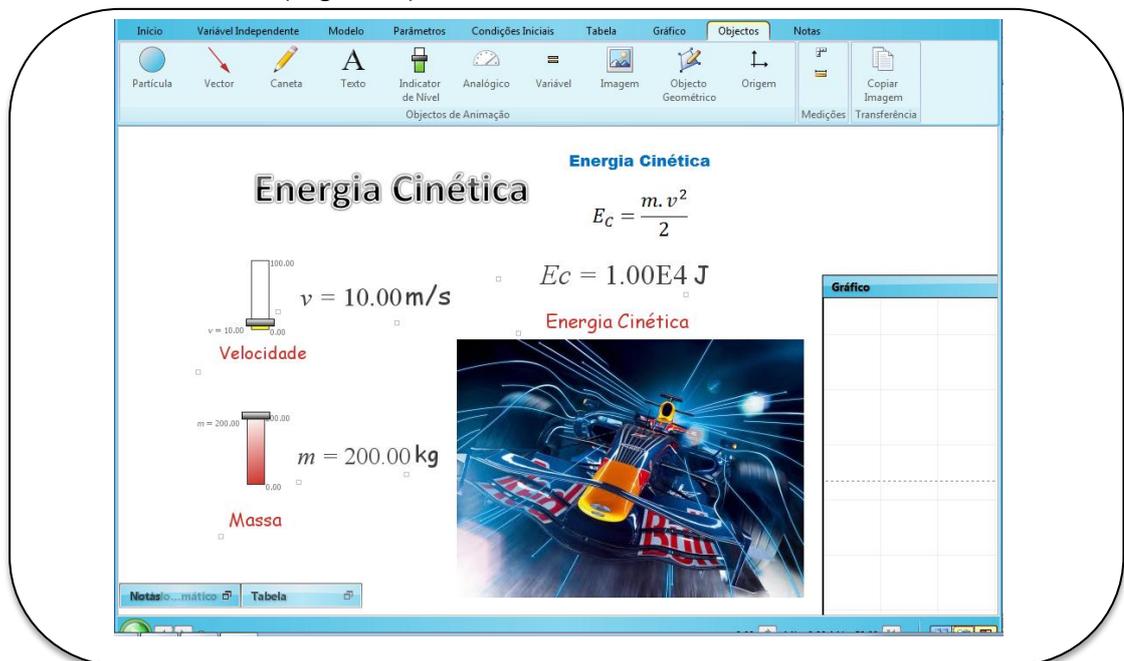


Figura e: Simulação Energia Cinética

2º Minimize as abas (Figura b).

3º Dê início a simulação, clicando no botão <play> do canto inferior esquerdo da tela.

Responda:

- A) O que ocorre com a energia cinética quando alteramos o valor da velocidade?
- B) O que ocorre com a energia cinética quando alteramos a massa do corpo?

SIMULAÇÃO 3

ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

Seguindo os procedimentos anteriores, abra o arquivo *atividade3.modellus* (Figura f).

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Dê início a simulação, clicando no botão <play> do canto esquerdo.

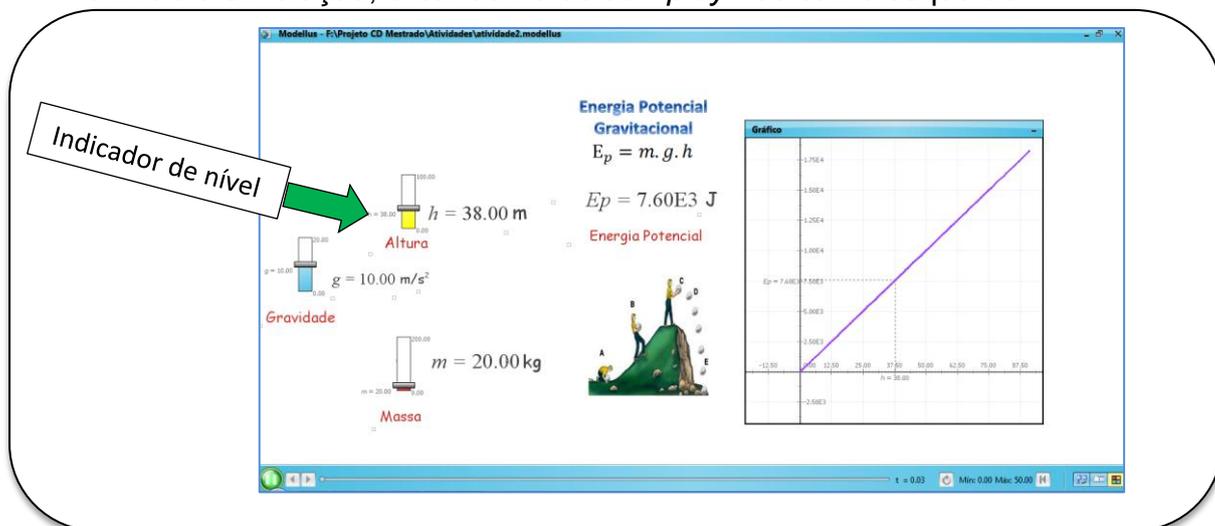


Figura f: Simulação Energia Potencial

2º Observe o comportamento da energia potencial em função da altura, alterando o seu valor no indicador de nível (Figura f) utilizando o gráfico como suporte visual.

3º Dê pause e resete a simulação (Figura d). Altere os valores da massa do corpo e da aceleração gravitacional, reinicie a simulação e observe o valor da energia potencial gravitacional e o gráfico.

Responda:

- O que acontece com a energia potencial gravitacional quando alteramos a altura do corpo?
- O que acontece com a energia potencial gravitacional quando alteramos a massa do corpo?
- O que acontece com a energia potencial gravitacional quando alteramos a aceleração gravitacional?

SIMULAÇÃO 4

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NA

Seguindo os procedimentos anteriores, abra o arquivo *atividade4.modellus* (Figura g).

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Verifique os valores da aceleração gravitacional, da massa e da altura da maçã.

2º Dê início a simulação, clicando no botão <play> do canto esquerdo.

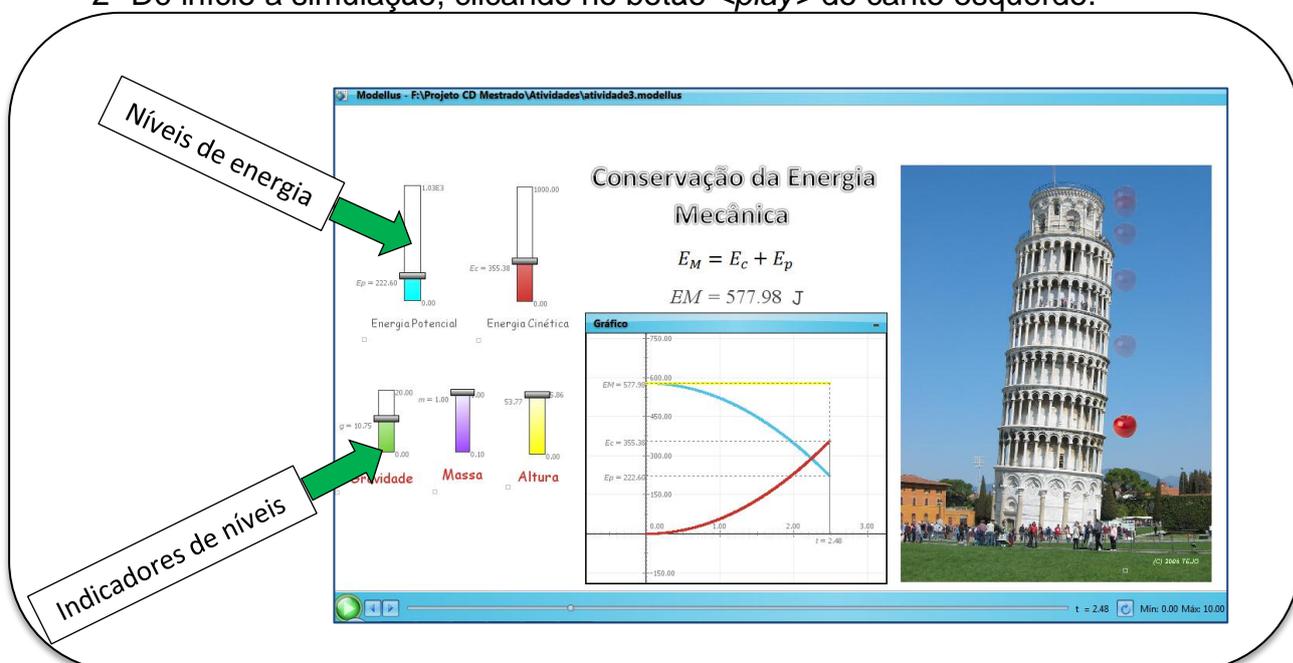


Figura g: Transformação de energia na queda livre

3º Observe o gráfico da Energia em função do tempo.

4º Observe os indicadores de níveis de energia.

5º Dê pause e resete a simulação. Altere os valores da aceleração gravitacional, da massa e da altura da maçã, reinicie a simulação e faça as observações dos itens 3 e 4.

Responda:

- Analisando o gráfico, que tipo de energia cada curva representa?
- O que acontece com as energias potencial e cinética durante a queda da maçã?
- A energia mecânica permaneceu constante? Por quê?

SIMULAÇÃO 5

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NO

Seguindo os procedimentos anteriores, abra o arquivo *atividade5.modellus* (Figura h).

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Dê início a simulação, clicando no botão <play> do canto esquerdo.

2º Observe os gráfico da Energia: Energia x Tempo e Energia x Posição.

3º Dê pause e resete a simulação. Altere os valores das grandezas físicas utilizando os indicadores de níveis e verifique o que acontece com as energias.

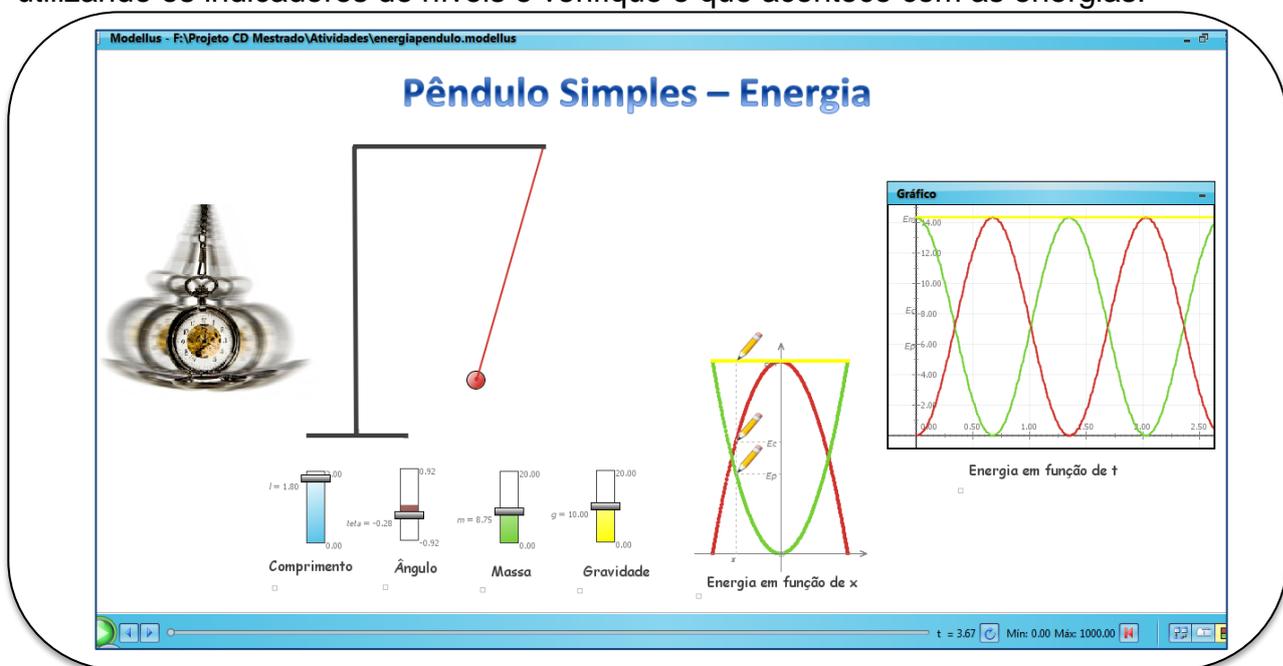


Figura h: Transformação de energia no pêndulo simples

Responda:

- Analisando o gráfico, que tipo de energia cada curva representa?
- O que acontece com as energias potencial e cinética durante o movimento do pêndulo?
- Encontre as posições de máximo e mínimo valor para as energias cinética e potencial.
- A energia mecânica permaneceu constante? Por quê?

SIMULAÇÃO 6

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NO OSCILADOR MASSA-MOLA

Seguindo os procedimentos anteriores, abra o arquivo *atividade6.modellus* (Figura i).

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Dê início a simulação, clicando no botão <play> do canto esquerdo.

2º Observe a oscilação do sistema massa-mola em torno da posição de equilíbrio.

3º Verifiquem os gráficos da energia em função do tempo e em função da deformação da mola (x).

4º Dê *pause* e resete a simulação (Figuras 4a e 4b). Altere os valores da aceleração gravitacional, da massa, da amplitude e da constante elástica. Reinicie a simulação e faça as observações dos gráficos.

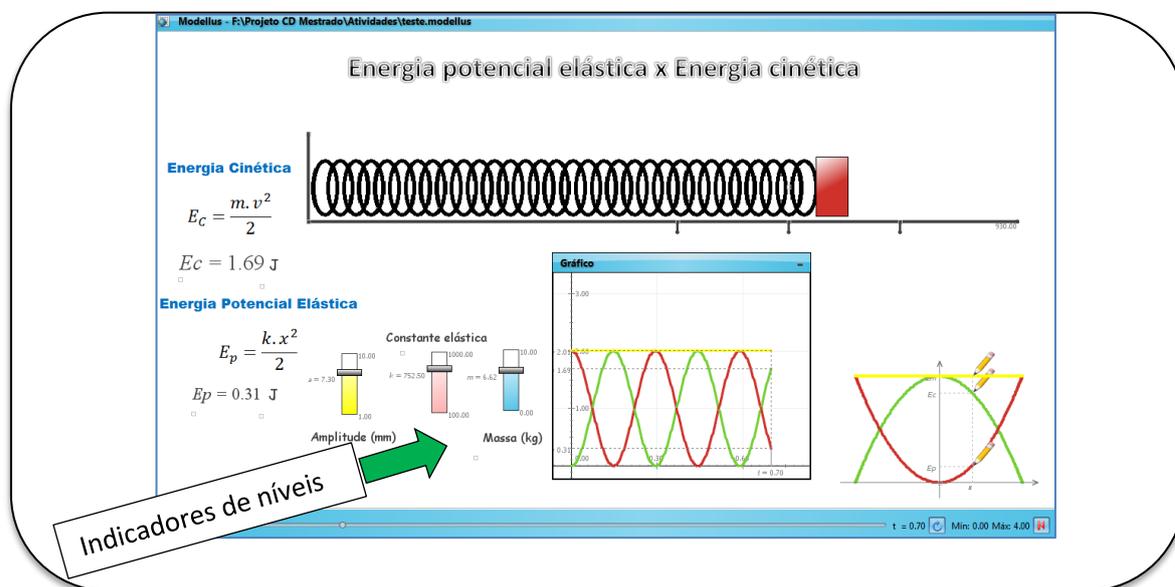


Figura i: Transformação de energia no sistema massa-mola

Responda:

- Analisando o gráfico, que tipo de energia cada curva representa?
- O que acontece com as energias potencial e cinética durante a oscilação da mola?
- Encontre as posições de máximo e mínimo valor para as energias cinética e potencial.
- A energia mecânica permaneceu constante? Por quê?

SIMULAÇÃO 7

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NO LANÇAMENTO VERTICAL PARA CIMA

Nesta última atividade propomos um problema para vocês resolverem, criando uma simulação no Modellus. Em caso de dúvidas quanto a utilização dos comandos do Modellus, peça ajuda ao colega ao lado e observe as simulações anteriores, se continuar com alguma dúvida pergunte ao seu professor.

Problema:

Um corpo é lançado de um plano horizontal para cima com velocidade inicial de 20 m/s, considere a massa do corpo igual a 1 kg e a aceleração gravitacional local igual a 10 m/s^2 , despreze as forças de resistência. Crie uma simulação para verificar o que ocorre com as energias cinética e potencial gravitacional e determine a altura máxima alcançada e a energia mecânica do sistema.



PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA



MESTRANDO: HUMBERTO DA SILVA OLIVEIRA

ORIENTADORA: DR^a MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE

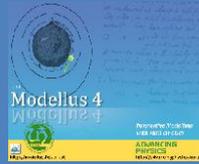
¹⁶ Guia produzido pelo próprio autor.

APRESENTAÇÃO



Este guia do professor contém algumas sugestões e dicas de utilização das simulações criadas para trabalhar com os alunos o conteúdo: energia mecânica, seus tipos e sua conservação.

Foram desenvolvidas 6 (seis) simulações no software Modellus, que podem ser alteradas, conforme a necessidade do professor. No final é proposta uma atividade para que os alunos criem uma simulação. Cada simulação contempla uma situação específica do conteúdo, que são descritas neste guia, na ordem que planejamos a aplicação, com duração e objetivo.



ORIENTAÇÕES INICIAIS

Após ter realizado o download e a instalação do software Modellus, bem como o download das simulações (atividades 1 a 6), verifique se a resolução da tela está em 1280 x 720 ou superior, caso a resolução esteja abaixo deste valor, altere para no mínimo o valor citado anteriormente, caso contrário as simulações sofrerão cortes nas telas.

SIMULAÇÃO 1

TRABALHO E TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA

O objetivo desta simulação é apresentar o conceito do trabalho de uma força constante e o teorema da energia cinética.

Duração da aplicação: 25 a 30 minutos.

Vá à pasta em que salvou os arquivos e abra o arquivo *atividade1.modellus*.

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Maximize a tela (Figura p1).

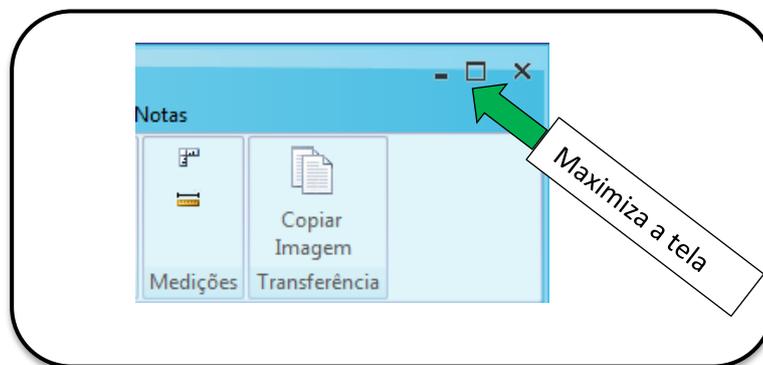


Figura p1: Maximizar a tela

2º Minimize as abas (Figura p2).

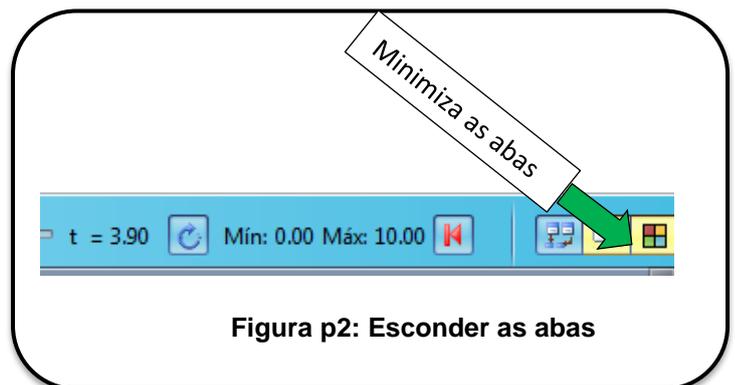


Figura p2: Esconder as abas

3º O aluno poderá alterar o valor da força, da velocidade inicial e do ângulo entre a força e a direção de deslocamento, utilizando os indicadores de níveis (Figura p3).

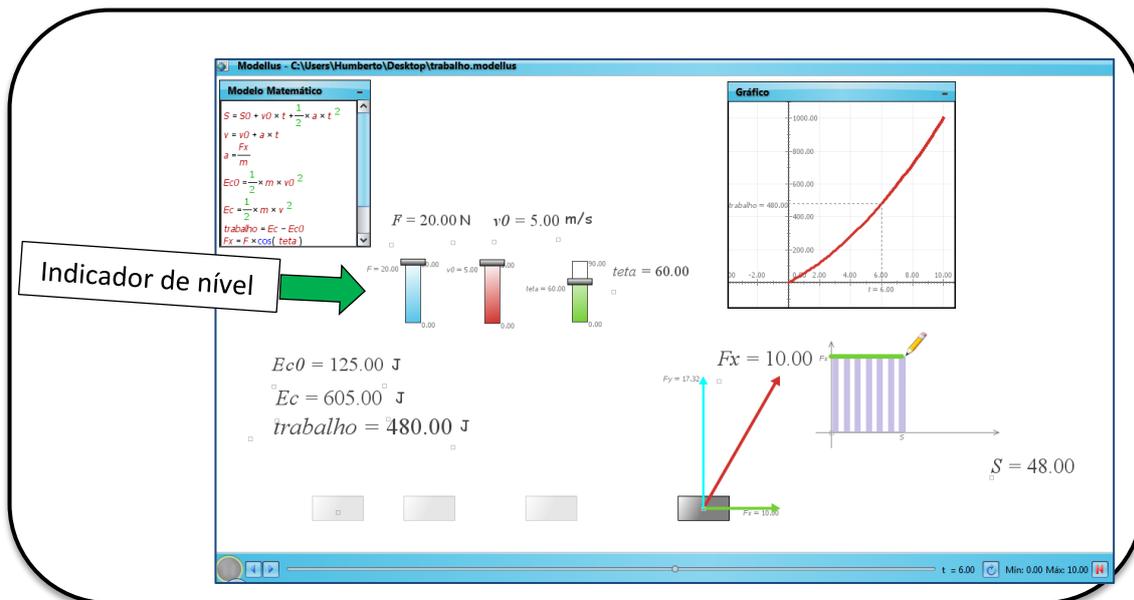


Figura p3: Indicadores de níveis da força, da velocidade inicial e do ângulo

4º Inicie a simulação no botão <play> no canto inferior esquerdo da tela.

5º Observe os valores da energia cinética inicial, da energia cinética final e do trabalho.

6º Observe os gráficos: Força x Espaço e Trabalho x Tempo, chamando a atenção para a propriedade do gráfico $F \times d$ (área = trabalho)

7º De *pause* e *reset* a simulação (Figuras 4a e 4b). Reinicie, pedindo para os alunos alterarem os valores da força, velocidade inicial e ângulo, observando o que acontece com o trabalho e com a energia cinética.

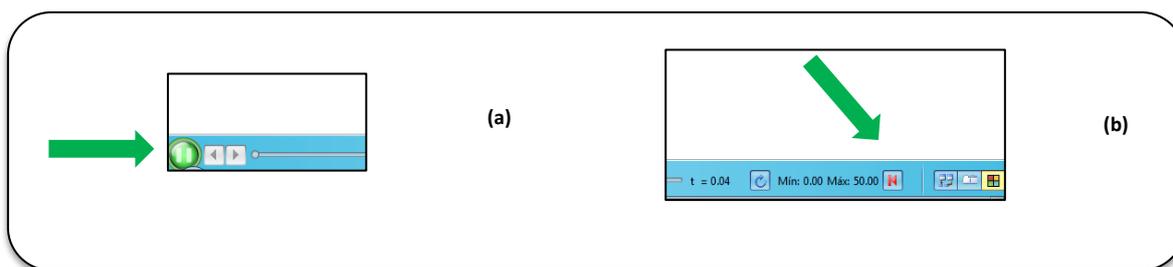


Figura p4: Pause e Reset da Simulação

SIMULAÇÃO 2

ENERGIA CINÉTICA

O objetivo desta simulação é apresentar o conceito da energia cinética, mostrando que ela depende da velocidade e da massa do corpo.

Duração da aplicação: 15 a 20 minutos.

Vá à pasta em que salvou os arquivos e abra o arquivo *atividade2.modellus* (Figura p5).

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Maximize a tela (Figura p1).

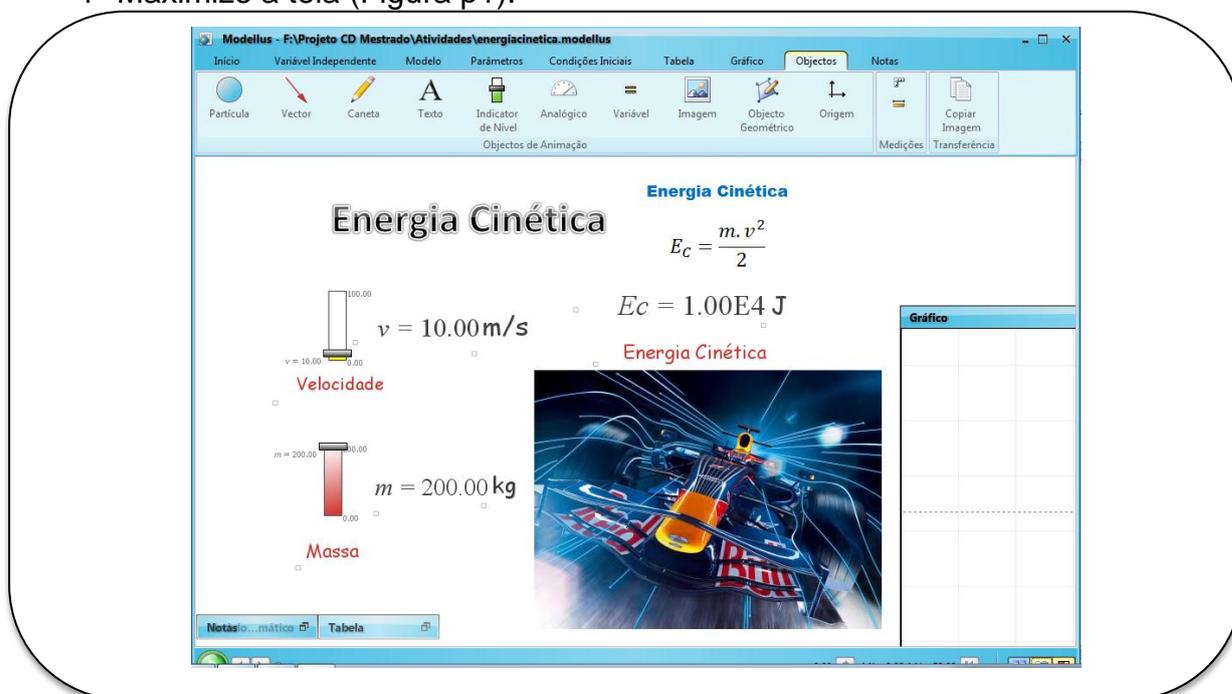


Figura p5: Simulação Energia Cinética

2º Minimizar as abas (Figura p2).

3º Dê início à simulação, clicando no botão <play> do canto esquerdo.

4º Deixe uma massa constante e modifique o valor da velocidade. Peça aos alunos para observarem o comportamento da energia cinética em função da velocidade, utilizando o gráfico como suporte visual.

5º Dê pause e reteste a simulação (Figura p4). Reinicie, pedindo para os alunos alterarem a massa do corpo e observarem o valor da energia cinética.

6º Para o novo valor de massa, peça que alterem a velocidade, observando o gráfico.

SIMULAÇÃO 3

ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

O objetivo desta simulação é apresentar o conceito da energia potencial gravitacional, mostrando que ela depende da gravidade, da massa do corpo e da altura em relação a um referencial.

Duração da aplicação: 15 a 20 minutos.

Vá à pasta que salvou os arquivos e abra o arquivo *atividade3.modellus*.

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Maximize a tela (Figura p1).

2º Minimize as abas (Figura p2).

3º Os alunos devem escolher um valor para a massa e aceleração gravitacional, deixando-as constante.

4º Dê início à simulação, clicando no botão <play> do canto esquerdo.

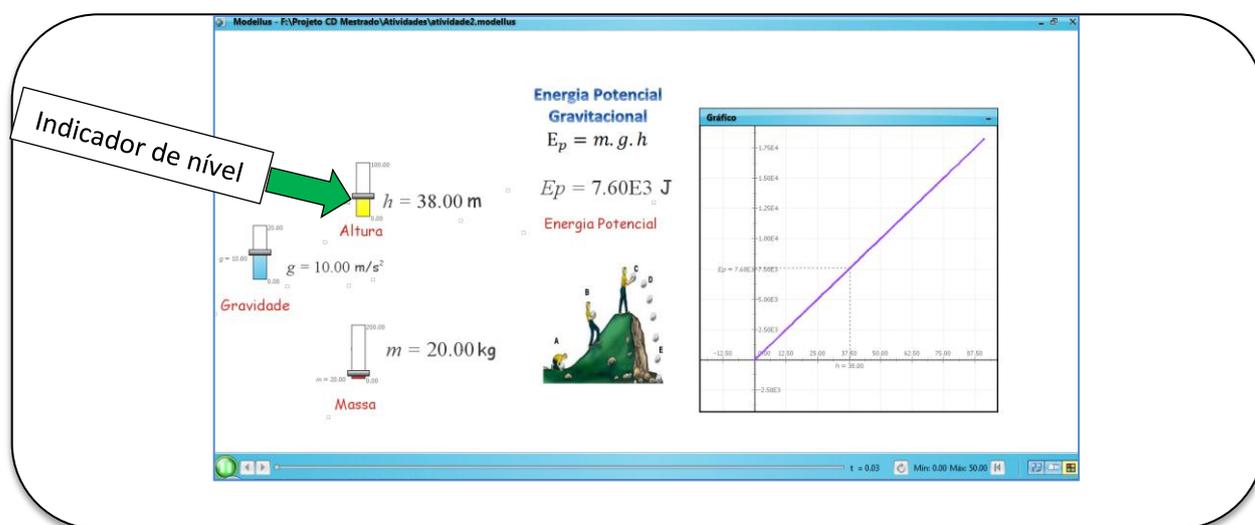


Figura p6: Simulação Energia Potencial

5º Os alunos devem observar o comportamento da energia potencial em função da altura, alterando o seu valor no indicador de nível (Figura p6) utilizando o gráfico como suporte visual.

6º De pause e reset a simulação (Figura p4). Solicite a alteração da massa do corpo e da aceleração gravitacional, reinicie a simulação e observe o valor da energia potencial gravitacional e o gráfico.

SIMULAÇÃO 4

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NA

O objetivo desta simulação é observar o princípio da conservação da energia mecânica numa situação de queda livre, verificando a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.

Duração da aplicação: 10 a 15 minutos.

Vá na pasta em que salvou os arquivos e abra o arquivo *atividade4.modellus*.

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Maximize a tela (Figura p1).

2º Minimize as abas (Figura p2).

3º Nesta simulação os alunos podem alterar os valores da aceleração gravitacional, da massa e da altura da maçã, utilizando os respectivos indicadores de níveis (Figura p7).

4º Dê início à simulação, clicando no botão <play> do canto esquerdo.

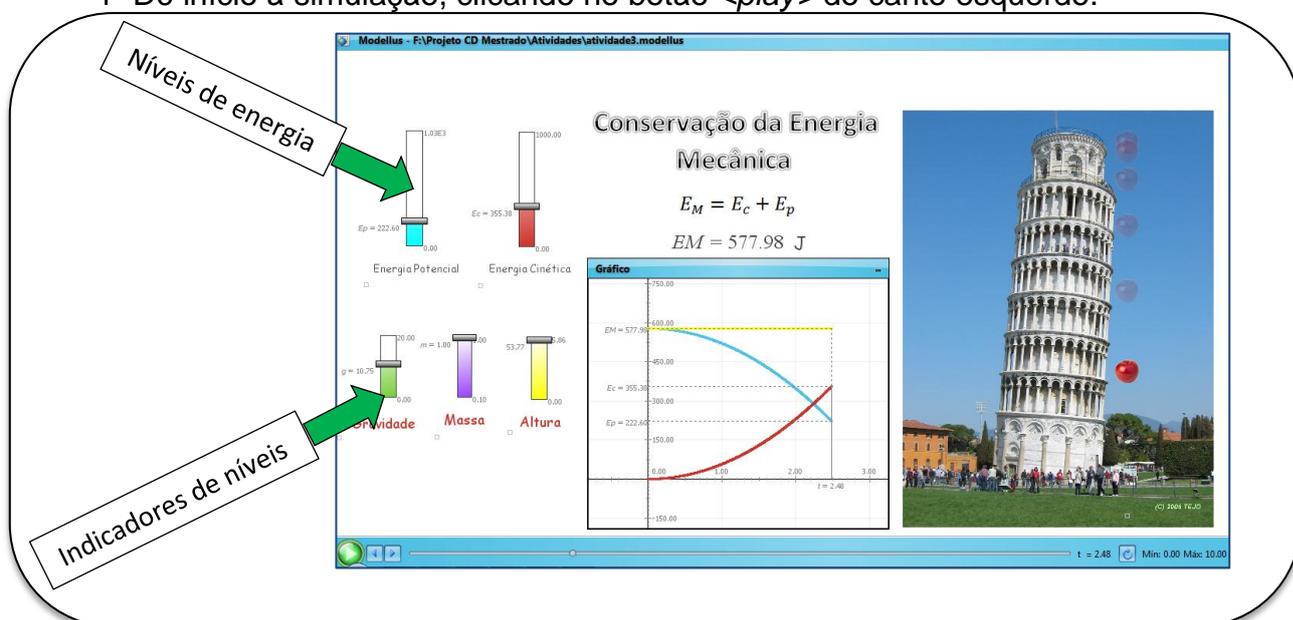


Figura p7: Transformação de energia na queda livre

5º Os alunos devem perceber a transformação da energia potencial gravitacional em energia cinética, observando o gráfico da Energia em função do tempo. A curva azul representa a energia potencial, a curva vermelha representa a energia cinética, enquanto a amarela representa a energia mecânica.

6º Os indicadores de níveis de energia também identificam a transformação da energia (Figura p7).

7º Dê pause e resete a simulação (Figura p4). Solicite a alteração dos valores da aceleração gravitacional, da massa e da altura da maçã, conforme o item 3, reinicie a simulação e faça as observações dos itens 5 e 6.

SIMULAÇÃO 5

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NO

O objetivo desta simulação é observar o princípio da conservação da energia mecânica no pêndulo simples, verificando a transformação entre as energias potencial gravitação e energia cinética.

Duração da aplicação: 10 a 15 minutos.

Vá à pasta em que salvou os arquivos e abra o arquivo *atividade5.modellus*.

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Maximize a tela (Figura p1).

2º Minimize as abas (Figura p2).

3º Nesta simulação os alunos podem alterar os valores do ângulo, da massa e da aceleração gravitacional e do comprimento do fio, utilizando os respectivos indicadores de níveis (Figura p8).

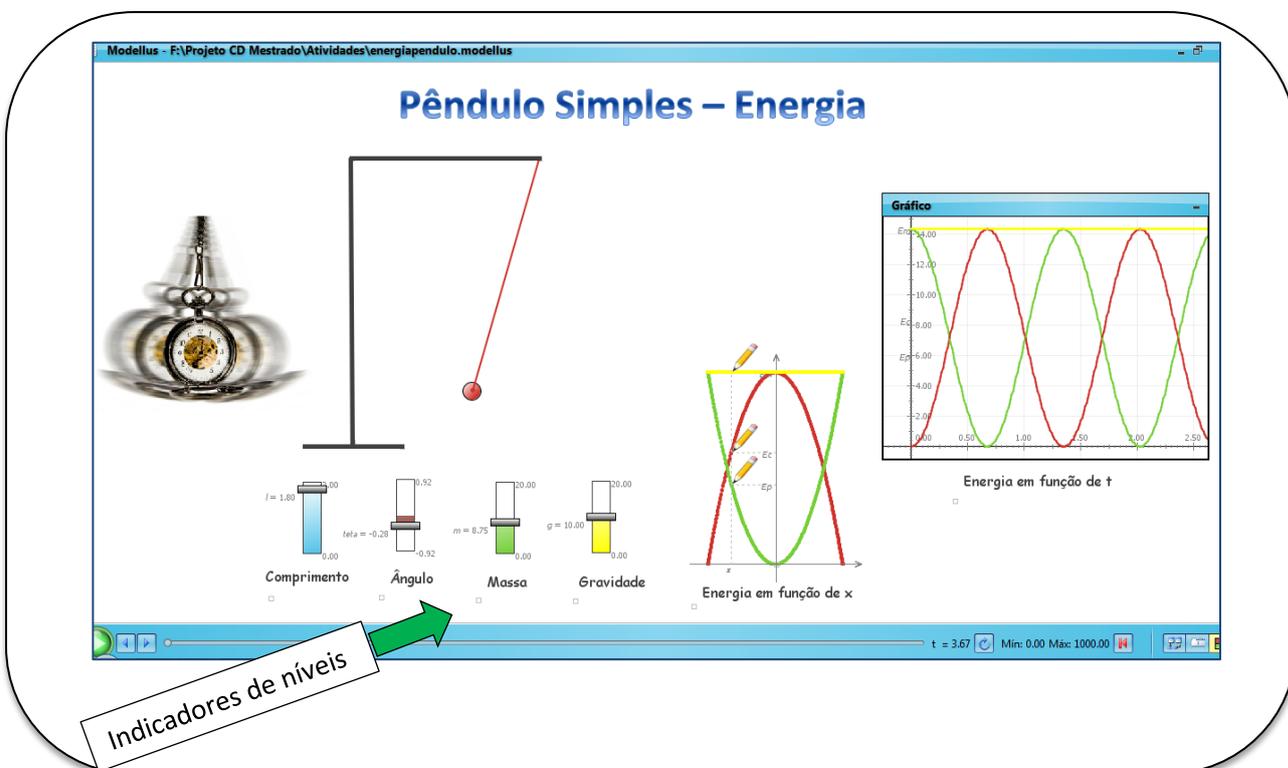


Figura p8: Transformação de energia no pêndulo simples

4º Dê início à simulação, clicando no botão <play> do canto esquerdo.

5º Observe que o pêndulo entra em oscilação em torno da posição de equilíbrio.

6º Solicite aos alunos verificarem os gráficos da energia em função do tempo e em função da posição do pêndulo.

7º Dê *pause* e resete a simulação (Figura p4). Solicite a alteração dos valores da aceleração gravitacional, da massa, do ângulo e do comprimento do fio. Reinicie a simulação e faça as observações dos gráficos.

SIMULAÇÃO 6

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NO OSCILADOR MASSA-MOLA

O objetivo desta simulação é observar o princípio da conservação da energia mecânica no oscilador massa-mola, verificando a transformação de energia potencial elástica em energia cinética.

Duração da aplicação: 10 a 15 minutos.

Vá à pasta em que salvou os arquivos e abra o arquivo *atividade6.modellus*.

Para iniciar a atividade siga as orientações abaixo:

1º Maximize a tela (Figura p1).

2º Minimize as abas (Figura p2).

3º Nesta simulação os alunos podem alterar os valores da amplitude, da massa e da constante elástica, utilizando os respectivos indicadores de níveis (Figura p9).

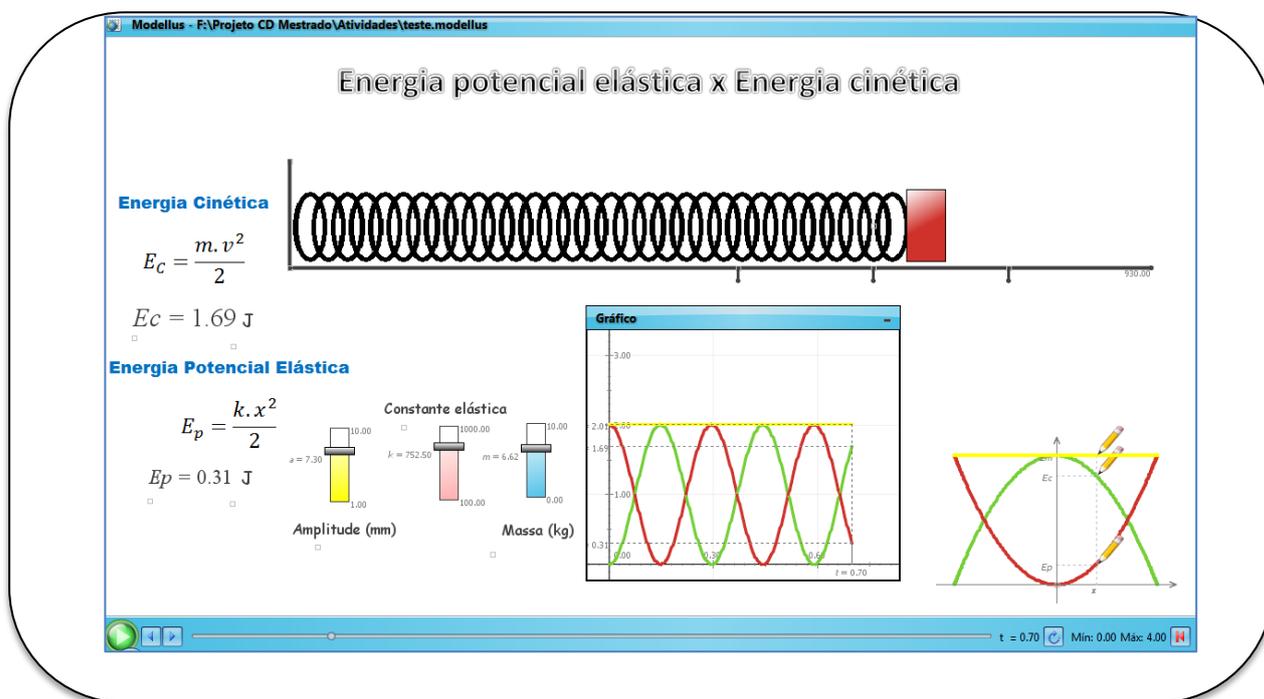


Figura p9: Transformação de energia no sistema massa-mola

4º Dê início à simulação, clicando no botão <play> do canto esquerdo.

5º Observe que o sistema massa-mola irá oscilar em torno da posição de equilíbrio.

6º Solicite aos alunos verificarem os gráficos da energia em função do tempo e em função da deformação da mola (x).

7º De *pause* e *reset* a simulação (Figura p4). Solicite a alteração dos valores da aceleração gravitacional, da massa, da amplitude e da constante elástica. Reinicie a simulação e faça as observações dos gráficos.

SIMULAÇÃO 7

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA NO LANÇAMENTO VERTICAL PARA CIMA

Nesta última atividade o professor propõe um problema para os alunos resolverem, utilizando o Modellus, criando uma simulação.

O professor deve estar preparado para tirar as dúvidas quanto a utilização dos comandos do Modellus e quanto aos conceitos necessários na resolução do problema..

Problema:

Um corpo é lançado de um plano horizontal para cima com velocidade inicial de 20 m/s, considere a massa do corpo igual a 1 kg e a aceleração gravitacional local igual a 10 m/s², despreze as forças de resistência. Crie uma simulação para verificar o que ocorre com as energias cinética e potencial gravitacional e determinar a altura máxima alcançada e a energia mecânica do sistema.

APÊNDICE F – Transcrições das entrevistas

Entrevista: Grupo 1 - Aluno J, Aluno AN, Aluno M

Pergunta: Vocês já tinha utilizado a sala de informática na aula de física?

Os três responderam que nunca utilizaram.

Pergunta: Em comparação com o que estava estudando em sala de aula com o que vimos aqui na sala de informática, quais os pontos positivos ou negativos?

Aluno M – *“A sala de informática tem uma diferença, porque a pessoa tá fazendo na prática, a pessoa tá vendo o gráfico, como é que o gráfico tá mexendo, a pessoa tá alterando os valores. Na sala não, na sala é diferente, a professora faz lá e é mais complicado pra pessoa entender, porque não é a pessoa que tá fazendo.”*

Aluno AN – *“é isso ai mesmo [...] o computador já mostra os negócios tudinho [...] os gráficos já mostram os resultados”*

Aluno J – *“Fica melhor de aprender. Porque o cara ver na prática, cutucando lá no computador, fazendo o que o cara quer, mudando os valores, ai fica melhor, na sala é chato pra caramba.”*

Pergunta: Vocês achariam interessante ter mais aulas na sala de informática?

Aluno M – *“É bom, seria mais um momento pra descontrair e a galera poder aprender mais.”*

Aluno J – *“Pelo menos uma aula por semana.”*

Pergunta: Qual a sua opinião com relação a sua participação durante as aulas de física na sala de aula e aqui com o computador?

Aluno M – *“o desenvolvimento aqui na sala de informática é maior que o da sala”*

Aluno AN – *“Particpei mais aqui (laboratório) porque lá (sala de aula) eu bagunço muito [...] e aqui [...] o computador ai [...] a pessoa se descontraí, fica melhor.”*

Aluno J – *“Particpei mais aqui, por causa que tava em grupo né [...] em dupla assim [...] ai um ajuda o outro, fica melhor.”*

Aluno M – *“Física é uma matéria que eu não gosto muito, mas na sala de informática foi mais fácil de entender, porque eu tava vendo o gráfico, eu tava botando os valores e tava dando os resultados, na sala não, na sala é aquilo, ela botou lá o calculo, fez o problema, resolveu e ela fez o gráfico, aqui pelo software é mais fácil porque eu é que to fazendo, to fazendo na prática, e não ela.”*

Aluno J – *“podia ter isso (aula no computador) uma vez por semana [...] no ano que vem.”*

Entrevista Grupo 2 - Aluno I, Aluno A, Aluno G

Pergunta: Vocês já tinha utilizado a sala de informática na aula de física?

Os três responderam que não.

Aluno G – *“a gente não tinha utilizado em nenhuma aula”*

Pergunta: E em outra disciplina?

Aluno G – *“Não, só em inglês, para assistir vídeo”*

Pergunta: O que vocês acharam das aulas realizadas aqui na sala de informática?

Aluno I – *“Eu achei melhor no computador, porque eu entendo melhor [...] por causa das coisas que tem no computador e no quadro não tem como explicar [...] do mesmo jeito que explica no computador ”*

Aluno A – *“Eu achei mais fácil, por causa dos desenhos, quando aperta o play ai mostra lá a animação.”*

Aluno G – *“Eu aprendi melhor aqui, porque é mais interessante, dá mais impulso a gente usar o computador, porque não é uma coisa que a gente faz todo dia, a gente pode estudar e ao mesmo tempo tá se divertindo, é um jeito novo pra gente estudar, a gente teve curiosidade, por isso a gente aprendeu.”*

Pergunta: Qual a sua opinião com relação a sua participação durante as aulas na sala de aula e aqui com o computador?

Aluno A – *“Foi diferente [...] Por que na sala é meio morgado, chato.”*

Aluno G – *“Eu participei mais daqui, porque na sala [...] quando eu quero aprender eu aprendo, mas ficou chato a pessoa o ano inteiro a mesma coisa, e aqui eu gostei, porque me interessou o assunto. [...] porque no quadro a pessoa fica lá falando um monte de coisa, a professora explica e tal [...] ai tá bom [...] ai passa exercício, aqui não ... aqui sim tá explicando mas a gente já tá fazendo o exercício”*

Aluno I – *“é melhor no computador do que no quadro [...] com o computador é bem melhor, eu prestei mais atenção na aula, eu consegui responder muitas perguntas, eu achei melhor.”*

Com relação ao trabalho em grupo, ajudou?

Aluno I – *“É melhor em grupo do que individual.”*

Aluno G – *“eu acho melhor individual”*

Aluno A – *“tanto faz”*

Entrevista Grupo 3 – Aluno C, Aluno F e Aluno R

Pergunta: Vocês já tinha utilizado a sala de informática na aula de física?

Os três responderam que não.

E em outra disciplina?

Aluno R – *“Não. Só pra vim assistir alguma coisa, vídeo. [...] porque, a gente tipo, nenhum professor passa um trabalho relacionado a isso como o senhor passou.”*

O que você achou das aulas realizadas aqui na sala de informática?

Aluno C – *“Achei interessante, porque ajuda a gente entender melhor o que a professora passa lá (sala de aula), ajuda também no conhecimento, porque a gente adquire mais coisas.”*

Aluno F – *“Aqui (na sala de informática) é bem melhor, porque é menos chato e aqui você não precisa escrever e tal e tal, e fica até melhor de entender.”*

Aluno R – *“Eu achei aqui bem melhor. Porque, primeiro porque você tá fazendo na prática, no computador é bem mais fácil, sei lá, vc parece que tem um entusiasmo a mais [...] ai na sala o povo fica conversando ai, como não é tão legal [...] ai a pessoa já se perde na conversa, vai conversar também [...] não entende as coisas direito, a professora as vezes faz uma resposta cheia de cálculo no quadro todinho, a pessoa chega fica doida”*

Aluno F – *“É, porque ajuda até no desempenho da pessoa na sala ajuda também, a pessoa vindo pra cá (lab informática), e indo pra lá fica bem mais fácil entender.”*

Aluno R – *“Eu acho que não devia ser só um tempo, deveria ser mais ou menos o ano todo, porque a gente aprenderia bem mais.”*

Qual a sua opinião com relação a sua participação durante as aulas na sala de aula e aqui com o computador?

Aluno C – *“eu participo mais lá (sala de aula). Porque eu acho mais interessante quando ela passa os cálculos, eu sou louca por física, gosto muito da física, quando ela passa teoria eu gosto de mais. [...] Eu aprendo nas duas (sala de aula e laboratório de informática), só que eu prefiro mais na sala de aula.”*

Aluno F – *“Porque aqui é uma coisa que eu entendo mais, é uma coisa que eu absorvo mais, então o que eu absorvo eu tento cada vez mais explorar isso, lá (na sala de aula) eu não entendo nada.”*

Aluno R – *“Quando você aprende mais uma coisa a tendência é você querer aprender mais e mais, ai aqui é mais fácil, ai eu já me interessei mais, lá eu não entendo, eu fico assim, tem algumas coisas que eu até entendo, mais eu fico, fico, e não consigo, ai eu paro, desisto.”*

Com relação ao trabalho em grupo, ajudou?

Aluno F – *“É mais fácil trabalhar em dupla, porque duas cabeças pensam mais que uma.”*

Aluno R – *“É outra, tipo um pensa uma coisa, você pensa outra, ai já vai aprendendo.”*

Vocês acham que o uso do computador contribuiu no ensino?

Aluno C – *“Contribuiu. Eh [...] Uma dificuldade que eu tinha minha que foi sobre energia potencial elástica, o que me ajudou a entender um pouco mais.”*

APÊNDICE H – Respostas dos grupos às atividades desenvolvidas na pesquisa¹⁷

Atividade 1: Trabalho e teorema da energia cinética

Perguntas da atividade:

- A) O que acontece com o trabalho da força F quando alteramos a direção da força? E quando alteramos apenas o valor da força, mantendo sua direção?
- B) O trabalho pode ser determinado pela variação da energia cinética?
- C) O que representa a área do gráfico da Força x Espaço?

Grupo 1:

- A) *“quando alteramos só a força e mantemos a direção, o valor do trabalho aumentou em questão do valor anterior e a energia cinética aumentou.”*
- B) sim

Grupo 3:

- A) *“quando diminuimos a força, diminuimos o trabalho.”*
- B) *“pode sim”*
- C) *“o trabalho”*

Grupo 4:

- A) *“bom quando alteramos a direção tem menos trabalho e quando mantemos sua direção é mais trabalho”*
- C) *“representa o trabalho”*

Grupo 7:

- A) *“Se diminuir o ângulo aumenta o trabalho e se aumentar o ângulo diminui o trabalho.”*
- B) *“Sim”*
- C) *“O trabalho”*

¹⁷ Não foram transcritas as respostas de todos os grupos.

Atividade 2: Energia Cinética

Perguntas da atividade:

- A) O que ocorre com a energia cinética quando alteramos o valor da velocidade?
- B) O que ocorre com a energia cinética quando alteramos a massa do corpo?

Grupo 1:

- A) *“quando diminuimos ela também diminui. Quando aumentamos ela também aumenta.”*
- B) *“quanto maior a massa, maior a energia cinética.”*

Grupo 2:

- A) *“quando aumentamos a velocidade a energia cinética aumenta e quando diminuimos a velocidade a energia cinética diminui.”*
- B) *“quando diminui a massa a energia cinética também diminui. Quando aumentamos a massa a energia cinética também aumenta.”*

Grupo 3:

- A) *“Quando diminuimos a velocidade, a energia cinética também diminui. E quando aumentamos a velocidade, a energia cinética aumenta também”.*
- B) *“Acontece o mesmo que acontece com a velocidade, só que com a massa”.*

Grupo 4

- A) *“Quando a gente aumenta a velocidade, aumenta a energia cinética pois a energia cinética depende da velocidade para que haja alteração.”*
- B) *“Quando diminuimos a massa a energia cinética ela irá diminuir, ou seja, alternativa A e B as duas dependem da massa e da energia”*

Grupo 5

- A) *“Quando aumentamos a velocidade a energia cinética aumenta.”*
- B) *“Quando aumentamos a massa também aumenta a energia cinética.”*

Atividade 3: Energia Potencial Gravitacional

Perguntas da atividade:

- A) O que acontece com a energia potencial gravitacional quando alteramos a altura do corpo?
- B) O que acontece com a energia potencial gravitacional quando alteramos a massa do corpo?
- C) O que acontece com a energia potencial gravitacional quando alteramos a aceleração gravitacional?

Grupo 3:

- A) *“Quando aumentamos a altura do corpo a energia potencial gravitacional aumenta.”*
- B) *“Quando aumentamos a massa do corpo a energia gravitacional aumenta também.”*
- C) *“Quando aumentamos a aceleração gravitacional a energia gravitacional aumenta também.”*

Grupo 4

“Se aumentar a gravidade, a massa e a altura irá aumentar a energia potencial. Se diminuir a gravidade, a massa e a altura irá diminuir a energia potencial.”

Grupo 7

- A) *“Quando alteramos a altura a energia cinética aumenta.”*
- B) *“Quando alteramos a massa há uma perda de velocidade do corpo”*
- C) *“A gravidade quando alterado aumenta em relação ao solo ou a energia cinética transformando-se em energia potencial.”*

Atividade 4: Conservação da Energia Mecânica na queda

Perguntas da atividade:

- A) Analisando o gráfico, que tipo de energia cada curva representa?
- B) O que acontece com as energias potencial e cinética durante a queda da maçã?
- C) A energia mecânica permaneceu constante? Por quê?

Grupo 1

- A) *“a linha azul representa a energia potencial e a vermelha a energia cinética e a amarela a altura.”*
- B) *“a energia potencial diminui e a cinética aumenta.”*
- C) *“sim, porque ela é a soma das energias juntas.”*

Grupo 2

- A) *“vermelha – energia cinética, azul – energia potencial, amarela – energia mecânica.”*
- B) *“a energia cinética aumenta e a potencial diminui.”*
- C) *“Sim. Porque ela é a soma das duas energias juntas.”*

Grupo 4

- A) *“a curva azul representa a energia potencial, a curva vermelha a energia cinética, a amarela energia mecânica.”*
- B) *“a energia potencial diminui e a cinética aumenta.”*
- C) *“porque a energia mecânica é igual a $E_m = E_p + E_c$ ”*

Grupo 5

- A) *“A azul representa a energia potencial, a vermelha representa a energia cinética e a amarela representa a altura.”*
- B) *“A energia cinética aumenta e a potencial gravitacional abaixa, pois a cinética depende da velocidade e a potencial da altura.”*
- C) *“Sim. Porque está havendo transformação de energia potencia gravitacional em cinética.”*

Atividade 5: Conservação da Energia Mecânica no pêndulo

Perguntas da atividade:

- A) Analisando o gráfico, que tipo de energia cada curva representa?
- B) O que acontece com as energias potencial e cinética durante o movimento do pêndulo?
- C) Encontre as posições de máximo e mínimo valor para as energias cinética e potencial.
- D) A energia mecânica permaneceu constante? Por quê?

Grupo 1

- A) *“vermelha – energia cinética, amarela – energia mecânica, verde – energia potencial.”*
- B) *“Forma uma curva com uma direção diferente da outra.”*
- C) *“quando a potencial for máxima a cinética é 0, e quando a cinética for máxima a potencial é 0.”*
- D) *“Sim. Porque ela é a soma das energias juntas.”*

Grupo 10

- A) *“curva vermelha: energia cinética, curva verde: energia potencial, curva amarela: energia mecânica.”*
- B) *“forma uma curva com direção contrária a outra.”*
- C) *“onde a velocidade for máxima a potencial é 0, onde a potencial for máxima a cinética é 0.”*
- D) *“Sim. Porque é a soma das duas energia juntas.”*

Grupo 7

- A) *“a curva vermelha é energia cinética a verde é energia potencial e a amarela é energia mecânica.”*
- B) *“a energia potencial e cinética varia de acordo com a velocidade que o pendulo atinge”*
- C) *“no ponto que a energia cinética é máxima a potencial é 0 e no ponto que a potencial é máxima a cinética é 0 zero.”*
- D) *“Sim. Porque ela não varia.”*

Grupo 5

- A) *“Amarela – energia mecânica, verde – energia potencial, vermelha – cinética.”*
- B) *“enquanto uma aumenta a outra diminui, e visse versa.”*

C) *“14,00 – máximo, 0,00 mínimo. Máximo quando estiver no meio e mínimo quando estiver na ponta.”*

D) *“Sim. Porque a soma da energia cinética com a potencial sempre o resultado vai ser a energia mecânica.”*

Atividade 6: Conservação da Energia Mecânica no oscilador massa-mola

Perguntas da atividade:

- A) Analisando o gráfico, que tipo de energia cada curva representa?
- B) O que acontece com as energias potencial e cinética durante a oscilação da mola?
- C) Encontre as posições de máximo e mínimo valor para as energias cinética e potencial.
- D) A energia mecânica permaneceu constante? Por quê?

Grupo 1:

- A) *“Vermelha – potencial, amarela – mecânica, verde – energia cinética.”*
- B) *“Quando a mola diminui a cinética aumenta e potencial diminui, e quando a mola aumenta a cinética diminui e a potencial aumenta.”*
- C) *NÃO RESPONDERAM*
- D) *NÃO RESPONDERAM*

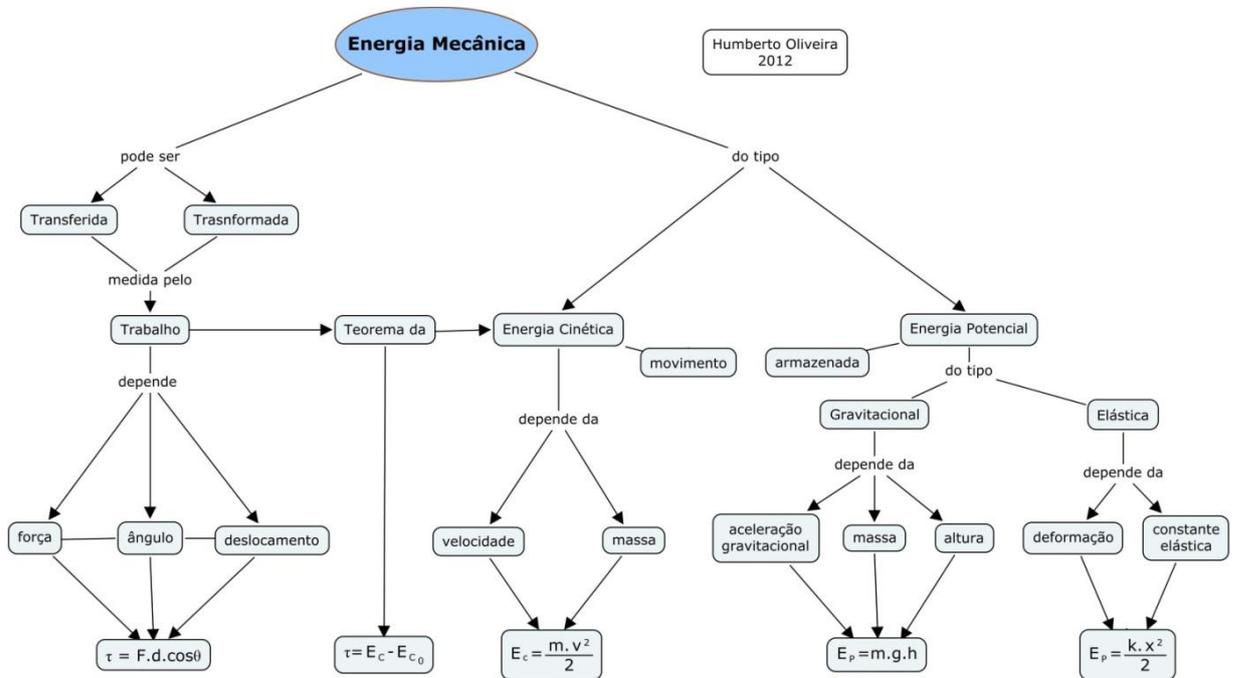
Grupo 2:

- A) *“vermelha – energia potencial, verde – energia cinética, amarela – energia cinética.”*
- B) *“Quando chega aos extremos a energia potencial aumenta.”*
- C) *“Quando ela se fecha a energia potencial chega ao máximo e a cinética ao mínimo. Quando ela se abre a potencial chega ao mínimo e a cinética ao máximo.”*
- D) *“Sim. Porque é a soma das duas energias juntas.”*

Grupo 10:

- A) *“Verde: cinética, amarela: energia mecânica, vermelha: potencial.”*
- B) *“quanto mais comprimida ou esticada a potencial irá aumentar.”*
- C) *“quando a mola esta esticada ao máximo a energia cinética chega a 0 e a potencial ao seu máximo.”*
- D) *NÃO RESPONDERAM.*

APÊNDICE I – Mapa conceitual sobre a Energia Mecânica¹⁸



¹⁸ Mapa conceitual produzido pelo próprio autor.

ANEXOS

ANEXO A – Texto sobre Energia¹⁹

Capítulo 1 A história do princípio de conservação da energia

1

1.1 A energia e suas transformações

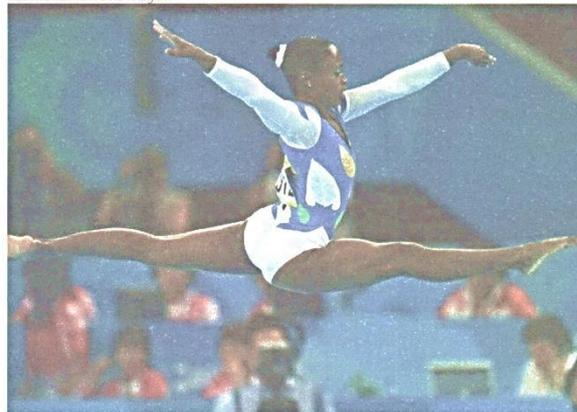
Uma das características mais interessantes associada ao termo *energia* é a possibilidade de relacionarmos duas situações aparentemente bem diferentes. Por exemplo, nos fazendo a seguinte pergunta:

Qual a relação entre uma banana e a temperatura do Sol?

A princípio nenhuma, diria você, mas pensemos um pouco. Uma bananeira só dá frutos, bananas, se crescer, e para isso precisa de luz. Em geral, as bananeiras são iluminadas pelo Sol para fazer a fotossíntese e assim obter energia para o seu desenvolvimento. Como a luz produzida pelo astro está diretamente relacionada à sua temperatura, é possível ter uma vaga ideia de como a banana está ligada à temperatura do Sol. Vejamos essa cadeia de relações usando a noção de energia: uma banana contém energia, fato comprovado quando macacos, esportistas e outros seres vivos que dela se alimentam obtêm energia para produzir suas tarefas. A bananeira produz bananas captando e fixando a energia do Sol. A energia do Sol provém de reações nucleares de fusão no seu interior. Essas reações só podem se produzir em elevadas temperaturas, da ordem de 15 milhões de graus Celsius.

Esse ciclo de deduções só é possível porque a quantidade de energia em dado sistema se conserva. Quando numa situação sabemos que existe determinada forma de energia, podemos nos perguntar de onde ela veio ou para onde ela vai. Foi isso que fizemos no exemplo acima com a banana.

Rodolfo Buhner/Folha Imagem

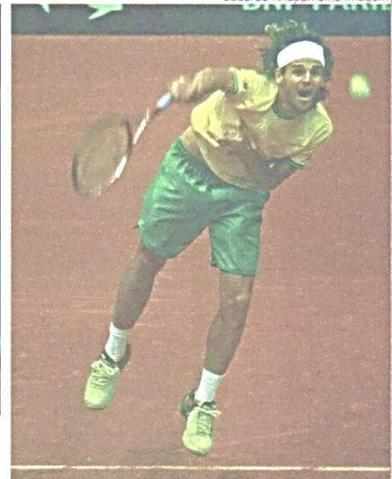


Poderíamos ir mais longe, no exemplo acima, e perguntar quantas bananas devem ser consumidas pelos atletas para que não lhes falte energia para uma competição.



Diagrama de transformação de energia.

Eduardo Knapp/Folha Imagem



Empregando o conceito científico de energia, podemos responder a essa e a outras perguntas. Basta para isso conhecer as diversas formas em que a energia pode se apresentar.

¹⁹ PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos. Pessoal, Social e Histórico: energia, calor, imagem e som (Coleção Física em contextos: pessoal, social e histórico; v. 2). 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

Por dentro do conceito

Digital Vision/Getty Images



Moacyr Lopes/JumarFolha Imagem

Tipos de energia

É comum dividirmos a energia em diferentes “tipos” com relação ao fenômeno e aos entes físicos aos quais está associada, são eles:

Energia mecânica: está relacionada aos corpos do nosso cotidiano. É classificada em **cinética** (relacionada ao movimento), **potencial gravitacional** (relacionada à interação gravitacional) e **potencial elástica** (relacionada à compressão de materiais flexíveis).

Professor, esses três tipos de energia serão estudados com profundidade no Capítulo 3.



Bambu Productions/The Image Bank/Getty Images

Exemplos de corpos com energia cinética (carro), potencial gravitacional (massa de água a determinada altura do solo) e potencial elástica (mola comprimida).

Energia térmica: erroneamente também conhecida como calor, está relacionada à vibração de átomos ou moléculas em uma substância. Podemos perceber essa agitação de partículas quando o leite levanta fervera.

Professor, esse tipo de energia será estudado com profundidade na Unidade 2.



Photodisc/Corbis/Infostock

Sérgio Dotta Jr/The Next



Energia elétrica: está relacionada às cargas elétricas (prótons, elétrons ou íons), estando elas em repouso ou em movimento. A energia elétrica é fundamental para a vida moderna.

Professor, esse tipo de energia será estudado com profundidade no Volume 3.

A energia elétrica está relacionada às cargas elétricas.

Energia luminosa: está relacionada à luz. Esse tipo de energia é transportado pelas radiações eletromagnéticas, não sendo necessário um meio material. Algumas reações químicas, como a fotossíntese, só ocorrem com a presença de energia luminosa.

Professor, esse tipo de energia será estudado com profundidade no Volume 3.



Photodisc/Getty Images

A energia produzida pelo Sol chega à Terra na forma de energia luminosa.

1

UNIDADE 1 ENERGIA

20

Energia química: está presente na constituição da matéria. Quando nos alimentamos, consumimos a energia química dos alimentos para o funcionamento do nosso organismo, e um carro transforma a energia dos combustíveis fósseis em movimento. Também encontramos a energia química na bateria dos carros e em aparelhos eletrônicos.

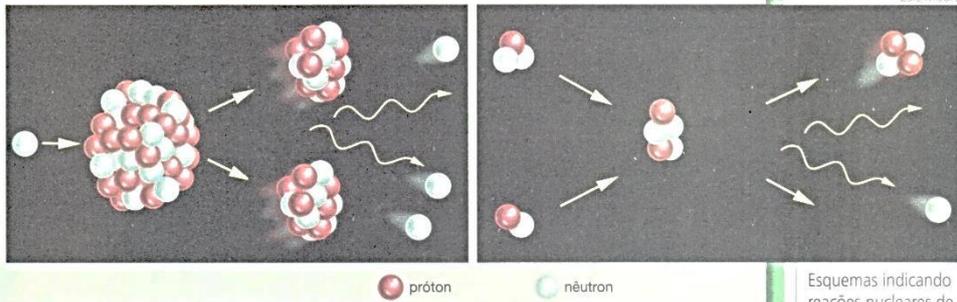
Jose Peleaz/Image-Source/Folha Imagem



A energia química presente nas moléculas que compõem a gasolina fornece a energia para fazer o carro se mover.

Energia nuclear: é associada à atração de prótons e nêutrons, que permanecem coesos no núcleo dos átomos. Essa energia também é chamada energia de ligação entre os núcleons (constituintes do núcleo). É possível obter ou liberar a energia nuclear de duas maneiras: por fissão ou fusão nuclear. Na **fissão nuclear**, utilizada por usinas nucleares e bombas atômicas, núcleos atômicos pesados são divididos em dois ou mais núcleos leves e há liberação de energia. A **fusão nuclear**, que ocorre, por exemplo, no interior das estrelas, pode ser compreendida como a união de dois núcleos atômicos, pois nesse processo dois núcleos atômicos leves se juntam para formar um núcleo mais pesado, liberando enormes quantidades de energia.

Luis Moura



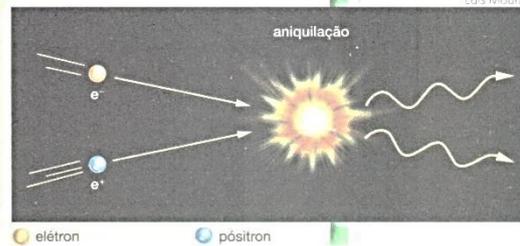
Atualmente em vários países são feitos investimentos em pesquisa para a produção de energia por fusão nuclear, mas ainda não foi possível produzir esse tipo de energia artificialmente, em regimes controlados por tal mecanismo. No Brasil, experimentos são realizados em reatores de fusão nuclear de pequeno porte chamados Tokamak. Esses reatores estão localizados na Universidade de São Paulo (USP), na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Vale lembrar que a energia produzida pelas usinas nucleares se dá pela fissão de átomos instáveis.

Esquemas indicando reações nucleares de fissão e fusão nuclear. O resultado dessas reações é liberar a energia de ligações entre prótons e nêutrons do núcleo atômico pela emissão de energia luminosa e térmica, entre outras.

Luis Moura

Energia por aniquilação de pares: na reação de matéria com antimatéria, as partículas desaparecem produzindo energia luminosa.

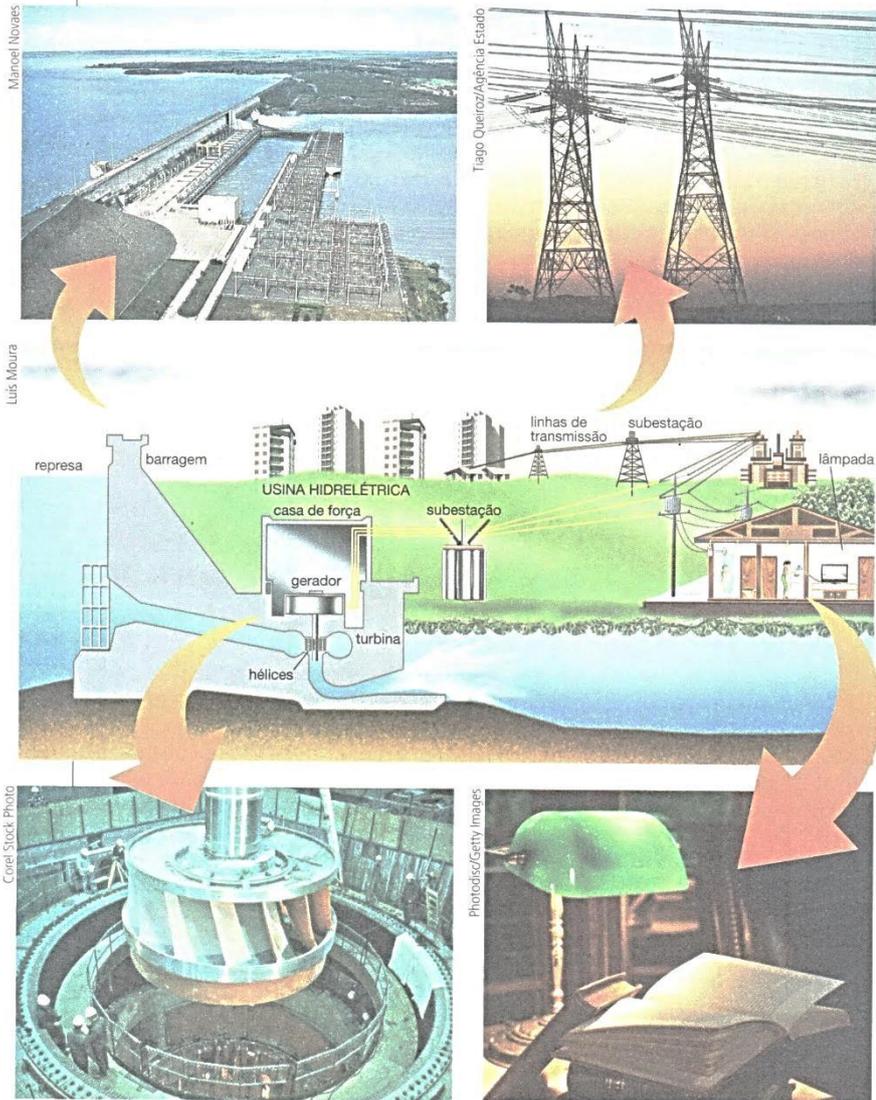
Esquema indicando a liberação de energia luminosa pela aniquilação de pares. Partículas de antimatéria são equivalentes às partículas de matéria convencional com o sinal contrário da carga elétrica. Por exemplo, o pósitron é uma partícula igual ao elétron, porém com sinal positivo.



elétron pósitron

Também podemos nos perguntar quantos litros de água devem despenhar da barragem de Itaipu para manter a lâmpada do seu quarto funcionando por duas horas. Questões como essa só podem ser colocadas porque admitimos que existe energia gravitacional associada à água represada na represa de Itaipu e que pode ser transformada em energia de movimento das pás do gerador na base da represa. Em seguida, a energia de movimento é transformada em energia elétrica pelo gerador e transportada até nossa casa pelas linhas de transmissão.

Na lâmpada da sala, por exemplo, a energia elétrica é transformada em energia luminosa (luz) e energia térmica (calor).

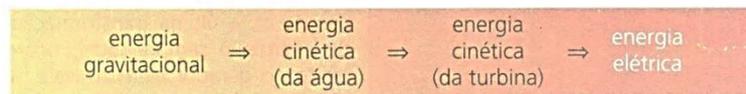


Esquema indicando as transformações que podem ocorrer na energia, desde uma usina hidrelétrica até nossos lares. Usina Hidrelétrica, Ilha Solteira/SP.

Usinas produtoras de energia elétrica

Em nossa sociedade moderna, a energia elétrica está muito presente, principalmente ao colocar em funcionamento diversos eletrodomésticos e equipamentos eletrônicos. Vejamos, a seguir, algumas formas empregadas pela espécie humana para produzir energia elétrica em larga escala para o comércio.

Usina hidrelétrica: Nesse tipo de usina, a queda-d'água e o movimento da correnteza são utilizados para girar as grandes turbinas dos geradores elétricos e produzir energia elétrica. Resumidamente, em uma usina hidrelétrica, temos o seguinte processo de transformação de energia:



Em 1994, a queda-d'água da usina hidrelétrica de Itaipu foi considerada uma das sete maravilhas do mundo moderno pela Sociedade Americana de Engenheiros Civis (www.asce.org/history/seven_wonders.cfm. Acesso em: 28 out. 2009).

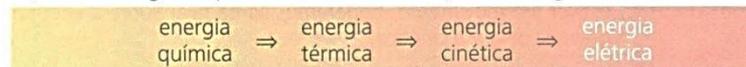


Técnica e tecnologia



Cris Berger/Olhar Imagem

Usina termelétrica: Nesse tipo de usina, é realizada a queima de combustíveis fósseis como petróleo, carvão mineral ou gás natural, para aquecer a água de uma caldeira. Nesse caso, o vapor gerado é responsável por movimentar as turbinas do gerador elétrico. Resumidamente, em uma usina termelétrica, temos o seguinte processo de transformação de energia:



Zig Koch/Olhar Imagem



Usina Termelétrica a Gás de Araucária, Paraná, 2008.



Caldeira da Usina São Francisco, Sertãozinho/SP, 2008.

Edson Silva/Folha Imagem

Ricardo Azoury/Pulsar



Usina nuclear (ou termonuclear): Nesse tipo de usina, o processo de aquecimento da água na caldeira é feito a partir da fissão de núcleos de átomos urânio, gerando grandes quantidades de energia. O restante do processo acontece como na usina termelétrica. Resumidamente, em uma usina nuclear, temos o seguinte processo de transformação de energia:

energia nuclear ⇒ energia térmica ⇒ energia cinética ⇒ energia elétrica

Luciana Whitaker/Olhar Imagem



Turbinas a vapor, reator atômico, da Usina de Angra dos Reis/RJ, 2007.

Observe que, nas três usinas geradoras, a última transformação de energia é sempre igual, ocorrendo no gerador elétrico. Nele, a energia cinética, em geral das hélices, é transformada em energia elétrica. Esse tipo de transformação será mais bem estudada no Volume 3 desta coleção.

A energia está presente em quase todas as situações de nosso cotidiano. Por exemplo, podemos associar a um corpo parado no espaço, longe de qualquer outro corpo, a energia química das ligações entre as partículas que o compõem bem como a energia térmica do movimento de vibração dessas mesmas partículas. Se houver outro corpo em questão, e se ele estiver em movimento, poderemos ainda falar sobre a energia gravitacional e a cinética.

Mario Pita



Um balão intacto pode parecer um sistema sem energia. Mas, quando ele estoura, é capaz de provocar barulho (energia sonora: rápido movimento das partículas que compõem o ar) e colocar alguns pedaços de borracha em movimento.

Nem sempre é fácil identificar as formas de energia, principalmente as ligadas ao caráter microscópico. Uma maneira de começarmos a identificar as energias envolvidas, é perguntar se um corpo está em movimento. Se a resposta for positiva, pelo menos a energia cinética existe nessa situação.

Muitas situações que nos rodeiam, aparentemente diferentes, podem ser relacionadas por meio do conceito de energia, o que de certa forma explica a sua "popularidade", tanto na linguagem cotidiana como na científica. De uma situação para outra, a energia se transforma, passando, por exemplo, da forma elétrica para a cinética (de movimento), no caso de um motor, e de energia química para energia luminosa, no caso da chama de uma vela. O mais importante nisso tudo é que a quantidade total de energia se **conserva** em meio a todas essas transformações, e, para a Ciência, essa é uma de suas principais propriedades. Com base nesse raciocínio, e considerando que o Universo é composto de matéria e energia, podemos dizer que a energia está eternamente "presa" aos ciclos do nosso Universo, transformando-se e assumindo formas diversas.

1