



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JULIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS  
EXATAS**



Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

**ENSINO DE FÍSICA E ENERGIA:  
ESTUDO DE POSSIBILIDADES DIDÁTICAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Ana Laura Boscolo

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos

(orientador)

Rio Claro (SP)

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Campus de Rio Claro

ANA LAURA BOSCOLO

ENSINO DE FÍSICA E ENERGIA:  
ESTUDO DE POSSIBILIDADES DIDÁTICAS  
NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -  
Campus de Rio Claro, da Universidade  
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para  
obtenção do grau de Licenciado em Física.

Rio Claro - SP

2014

530.07 Boscolo, Ana Laura  
B471f Ensino de física e energia : estudo de possibilidades  
didáticas na educação básica / Ana Laura Boscolo. - Rio  
Claro, 2015  
61 f. : il., figs., quadros

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura - Física) -  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas

Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Física - Estudo e ensino. 2. Experimentos educacionais.  
3. Educação Básica. I. Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela família que tenho, pelos meus amigos, por todas as conquistas que me proporcionou e tem me proporcionado até agora.

Agradeço aos meus pais Angela e Carlos, por não medirem esforços para me oferecer uma educação de qualidade, sem cobrar absolutamente nada em troca, por todo amor, dedicação e apoio em todos os momentos de minha vida.

As minhas irmãs Juliana e Karen, pelos conselhos e apoio sempre quando precisei.

Ao meu namorado Danilo Rando, que esteve o tempo todo comigo durante minha graduação, nos bons e maus momentos, me aconselhando, me ouvindo e me apoiando.

Ao Márcio pela amizade e pelas partidas de vídeo-game.

A Maria, Vlademir e Josefa (*in memoriam*), por todo carinho.

As minhas avós Nair (*in memoriam*) e Zina (*in memoriam*) que infelizmente não estão mais aqui presentes para presenciar este momento e a meus avôs Antônio (*in memoriam*) e Luiz (*in memoriam*) que infelizmente não tive a possibilidade de conhecê-los.

As minhas amigas Ana Carolina Luiz dos Santos, Rejane Souza Lima de Carvalho, Mariana Picoli, Jéssica Contier e Carolina Vieira, pela paciência, por me apoiar sempre e por tantos anos de amizade.

A meus amigos de Votuporanga e familiares de meu namorado por todo o carinho e amizade.

Aos meus amigos de ensino médio Marina Gonçalves, Marcos Rodrigues, Ledini Ferreira, Deluisi Ferreira pelo companheirismo, estudos e amizade.

Aos meus amigos e companheiros de TCC, Márcio Pocay e Ana Claudia Melito Martins, pelo apoio, paciência e por todos os conselhos que me deram.

Aos meus amigos de faculdade pelas diversas ajudas com estudos e pela amizade, em especial Carlos e Guilherme.

A todos meus amigos e colegas de PIBID por toda ajuda e companheirismo, em especial João Guilherme Braga, Rafael Vituri, Wander Ceschi e Ana Claudia Melito Martins.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos, pela amizade, paciência, por ter me mostrado o quanto é importante o Ensino de Física e por ter me proporcionado o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso e também pela orientação no projeto PIBID que foi de extrema importância em minha formação.

Aos professores Maria Antônia Ramos de Azevedo, Edson José Vasques e Giovanni Gozzi que gentilmente aceitaram participar de minha banca.

## RESUMO

*Esta monografia tem como tema inspirador o ensino de Energia, conceito de extrema importância para a Física, mas que é pouco abordado nas escolas brasileiras. Trazemos uma discussão acerca das problemáticas enfrentadas no ensino deste tema e apresentamos a este uma análise de como este tema é abordado em alguns livros didáticos que fazem parte do material disponível a alunos da Educação Básica de nosso país. Discutimos também uma proposta didática destinada ao Ensino de Física utilizando para isto experimentos. A proposta deste trabalho considera o aluno como protagonista do processo de aprendizagem sendo o construtor de seu próprio conhecimento. Para esta proposta selecionamos três experimentos (placa solar, looping e looping de copinhos de café) analisados sob o ponto de vista de energia que possuem o intuito de deixar este conteúdo mais claro e próximo dos alunos. Apresentamos ao final deste trabalho a análise da aplicação desta proposta em uma escola pública de ensino de tempo integral localizada no município de Rio Claro - SP.*

*Palavras-Chave: Ensino de Energia, Experimentos Educacionais, Ensino de Física: Educação Básica.*

## **ABSTRACT**

*This monograph has the inspiring theme of the Energy education, concept of extreme importance to physics, but that is rarely addressed in Brazilian schools. We bring a discussion of the problems faced in teaching this subject and present this analysis of how this issue is addressed in some textbooks that are part of the material available to students of basic education in our country. We also discuss a didactic proposal to the Physics Teaching using for this experiment. The proposal considers the student protagonist of the learning process being the builder of his own knowledge. For this proposal selected three experiments (solar plate, looping and looping coffee cups) analyzed from the point of view of energy that have the intention to leave this clearer content and close to the students. Here is the end of this work the application of the examination of this proposal in a public school in full-time education in the municipality of Rio Claro - SP.*

*Keywords : Energy Education, Educational Experiments , Physics Teaching : Elementary Education .*

“Foi o tempo que perdeste com tua rosa que fez tua  
rosa tão importante”

Antoine de Saint-Exupéry



## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração da montagem do experimento (SÃO PAULO, 2014, p.57). ....	19
Figura 2 - Consumo diário per capita de Energia ao longo da evolução humana. Reproduzido de: GOLDEMBERG, J. <i>Energia e Meio Ambiente</i> , 2003, p.45. ....	25
Figura 3 - Consumo diário de Energia nas atividades cotidianas. Reproduzido de: GOLBEMBERG, J. <i>Energia e Meio Ambiente</i> , 2003, p. 44. ....	26
Figura 4 - Tipos de Energia. ....	27
Figura 5 - Processos de conversão de Energia. Reproduzido de: GOLBEMBERG, J. <i>Energia e Meio Ambiente</i> , 2003, p.35. ....	27
Figura 6. Placa solar com disco de Newton. ....	30
Figura 7 - Placa solar com disco de Newton e multímetros. ....	30
Figura 8. Placa solar com carrinho motorizado. ....	30
Figura 9 - <i>Looping</i> . ....	31
Figura 10 - <i>Looping</i> de copinhos de café. ....	31
Figura 11. Eficiência das máquinas térmicas. Reproduzido de: GOLDEMBERG, J. <i>Energia e Meio Ambiente</i> , 2003, p. 38. ....	32
Figura 12. O Ciclo de Carnot. Reproduzido de: GOLBEMBERG, J., <i>Energia e Meio Ambiente</i> , 2003, P.39. ....	33
Figura 13. Eficiência da Segunda Lei da Termodinâmica para diversos setores. Reproduzido de: GOLDEMBERG, J. <i>Energia e Meio Ambiente</i> , 2003, p.42. ....	34
Figura 14 - Elétrons na junção p e n. Reproduzido de: FALCÃO, V. D. Disponível em: <i>Fabricação de células solares de CdS/CdTe</i> , 2005, p.28. ....	38
Figura 15 - Coletor Solar. ....	38
Figura 16. Placa solar com carrinho motorizado. ....	48
Figura 17 - Placa solar com disco de Newton. ....	49
Figura 18 - Placa solar com disco de Newton acoplada a multímetros. ....	49
Figura 19- <i>Looping</i> utilizado na escola Marciano de Toledo Piza. ....	49
Figura 20 - <i>Looping</i> de copinhos de café. ....	50
Figura 21 - Esquema de lançamento do <i>looping</i> de copinhos de café. ....	51

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Situações de aprendizagem sobre Energia, pertencentes ao Caderno do Aluno. ....	17
Quadro 2 – Fontes de energia que alteram o movimento / processos ou sistemas correspondentes (Caderno do Aluno, 2014, p.55).....	18
Quadro 3 – Capítulos referentes ao tema Energia (Gaspar, 2004, p.154-182).....	20
Quadro 4 – Resumo subtítulos capítulo 16. ....	20
Quadro 5 – Componentes do capítulo Energia. ....	21

## Sumário

1- INTRODUÇÃO .....	12
<b>Um breve panorama sobre o Ensino de Física .....</b>	<b>13</b>
2 - O TEMA ENERGIA EM MATERIAIS DIDÁTICOS .....	16
<b>O Caderno do Aluno e do Caderno do Professor (2014 - 2017).....</b>	<b>17</b>
<b>O livro Física de Alberto Gaspar .....</b>	<b>19</b>
<b>O livro Aprendendo Física 1 (1996).....</b>	<b>21</b>
<b>Análises dos livros didáticos estudados.....</b>	<b>23</b>
3 - A ENERGIA SEGUNDO A FÍSICA.....	25
<b>Conservação da Energia .....</b>	<b>27</b>
<b>Os experimentos que estudamos.....</b>	<b>29</b>
<b>Placa solar – Transformação de Energia Luminosa em Elétrica.....</b>	<b>37</b>
4 - DESAFIOS E PERSPECTIVAS .....	40
<b>Uma nova abordagem seria possível?.....</b>	<b>41</b>
5 - ESTUDANDO FÍSICA SOB O VIÉS DA ENERGIA.....	45
<b>Investigando possibilidades .....</b>	<b>47</b>
Kit de experimentos com placa solar .....	47
Looping .....	49
<b>Memória das aulas de Física sob o viés da Energia.....</b>	<b>51</b>
Algumas reflexões sobre a proposta de aula realizada.....	54
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	57
REFERÊNCIAS.....	60

## 1- INTRODUÇÃO

O tema de estudo deste trabalho é Energia, as problemáticas envolvidas em seu ensino e a dificuldade em definir este conceito. Energia é um tema muito presente em nosso dia a dia, graças aos avanços da ciência. A falta de Energia Elétrica, por exemplo, seja local, seja generalizado, como em um apagão, pode comprometer as redes de serviço público e privado, o consumo e a produção e a qualidade de vida de uma população.

Um dos fatores que levou a escolha deste tema foi a conservação da Energia ser um dos pilares da Física, mas apesar disto, é um tema muito pouco explorado nas escolas brasileiras. Outro fator que levou a escolha do tema Energia foi a abordagem presente nos livros didáticos, quase sempre associado à Mecânica, sendo pouquíssimas vezes citado em Termodinâmica e Física Moderna.

Assis e Teixeira (2003, p.41) ressaltam a importância de se estudar o conceito de Energia:

A importância do conceito de Energia tem sido apontada por diversos autores (Assis e Teixeira, 1998; Pereira e Forato, 1986; Pérez-Landzabal *et al.*, 1995) como um elemento de ligação entre diferentes partes da física, destacando a importância desse conceito, tanto do ponto de vista científico, quanto tecnológico.

Tudo que conhecemos possui Energia. Este tema é amplo e não possui exclusividade de estudo na Física, havendo a possibilidade de estudo de Energia pelo viés de Química, de Biologia, de Educação Física, entre tantas outras disciplinas. Mas mesmo tendo essa gama de possibilidades de estudo este tema é pouco explorado nas escolas brasileiras.

Caso este tema fosse melhor explorado isto renderia uma infinidade de objetos de estudo na própria Física bem como proporcionaria a interdisciplinaridade entre diversas disciplinas devido à tudo poder ser estudado do ponto de vista energético.

Neste trabalho procuramos fazer uma análise do ensino de Energia, apresentaremos suas bases teóricas, falaremos sobre sua conservação, veremos como este tema é abordado em alguns livros didáticos e apresentaremos uma proposta de aula em contrapartida ao método tradicional de ensino, que será

baseada no uso de experimentos, com o interesse de a curiosidade ingênua dos alunos seja trabalhada de modo a que se torne epistemológica (FREIRE, 2002).

### ***Um breve panorama sobre o Ensino de Física***

As propostas curriculares oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1996) sugerem a introdução da Física desde os primeiros anos da Educação Básica, mas em muitas escolas os alunos começam a entrar em contato com Física a partir do nono ano do Ensino Fundamental ou no primeiro ano do Ensino Médio.

A tradicional abordagem escolar de Física frequentemente é feita por meio de aulas expositivas, privilegiando apenas a apresentação de informações, com a utilização de recursos didáticos como, sala de aula, lousa e livros. Segundo Nardi (2004, p.17):

A Física como disciplina do currículo escolar brasileiro foi introduzida em 1837, com a Fundação do Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro. Ao longo de quase 160 anos, o processo escolar de ensino-aprendizagem dessa ciência tem guardado mais ou menos as mesmas características. Um ensino calcado na transmissão de informações através de aulas quase sempre expositivas, na ausência de atividades experimentais, na aquisição de conhecimentos desvinculados da realidade. Um ensino voltado primordialmente para a preparação aos exames vestibulares, suportado pelo uso indiscriminado do livro didático ou materiais assemelhados e pela ênfase excessiva na resolução de exercícios puramente memorísticos e algébricos (NARDI, *apud* PACHECO (2004, p. 17).

Mais recentemente Pimentel (2006, p.308-309) destaca o livro didático como um dos únicos instrumentos adotados pelo professor:

Em consequência da realidade das condições existentes em muitas das nossas escolas, o livro didático tem sido praticamente o único instrumento auxiliar da atividade de ensino.

Em consequência da realidade das condições existentes em muitas das nossas escolas, o livro didático tem sido praticamente o único instrumento auxiliar da atividade de ensino. A vivência escolar da Licenciatura em Física, oferecida pelo campus da UNESP de Rio Claro, permitiu confirmar tal afirmação. Nas atividades de Graduação acompanhamos aulas em diferentes escolas da Educação Básica, por meio da disciplina Prática de Ensino e Estágio Supervisionado (PEF) e nas atividades do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID CAPES), tive a possibilidade de conhecer como algumas escolas são estruturadas,

como desenvolvem suas atividades didáticas de Ensino de Física e, também, iniciar a prática pedagógica com projetos de ensino.

A cidade de Rio Claro, interior de São Paulo, apresenta em sua rede de ensino secundário quatro modalidades diferentes: escolas particulares, escolas de ensino público regular (estaduais e municipais), escolas técnicas e escolas pertencentes à nova proposta do Governo do estado de São Paulo, o programa de ensino de tempo integral.

Em particular no ano de 2014, por meio de PEF e do PIBID, convivi um pouco da realidade de algumas escolas que compõem essas modalidades, como a escola de tempo integral Marciano de Toledo Piza e a ETEC Armando Bayeux da Silva

Durante tais trabalhos amadureci a proposta para este Trabalho de Conclusão de Curso, estudar alternativas para o ensino de Física, mais especificamente do tópico Energia, como foco de estudo de possibilidades didáticas.

Embora tenha percebido o empenho dos professores em fazer o melhor trabalho didático, pude notar que o tema Energia aparece em episódios pontuais do conteúdo, contrastando com a centralidade que o conceito de Energia e de sua conservação ocupam na Física. Esse não é um problema apenas em Rio Claro, mas na forma com o conteúdo de Física é organizado.

Outra diferença também presente nas escolas são os livros didáticos. Cada escola pública, por meio do programa federal Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), oferece ao professor a oportunidade de escolher um livro didático diferente. Tais livros são submetidos a avaliação em que há critérios, dentre os quais podemos destacar: correção dos conceitos e informações básicas, correção e pertinências metodológicas, evitar riscos a integridade física dos alunos (PIMENTEL, 2006). Entretanto, a avaliação dos livros didáticos não elimina a responsabilidade do docente, este necessita avaliar os livros didáticos com criticidade, analisando aspectos positivos e negativos, pois este acompanhará o trabalho didático do aluno por muito tempo durante o ensino médio. Segundo Pimentel (2006, p.308 - 309):

O professor deve estar preparado para fazer uma análise crítica e julgar os méritos do livro que utiliza ou pretende utilizar, assim como para introduzir as devidas correções e/ou adaptações que achar convenientes e necessárias.

A escolha do livro didático nos traz informações muito importantes acerca das prioridades que as escolas valorizam no ensino. Algumas optam por livros mais enxutos nos aspectos teóricos com o intuito de lecionarem o máximo de conteúdo

possível, enquanto outras priorizam livros de carácter mais denso, para o aluno possuir um material mais elaborado.

No capítulo *O tema Energia em materiais didáticos*, é feita a análise de como o tema Energia é abordado nos livros didáticos das escolas Marciano de Toledo Piza e ETEC Armando Bayeux da Silva. Por meio desta análise, teremos a possibilidade de conhecer como este tema é abordado, as particularidades de cada livro, os aspectos em comum, o enfoque que cada texto prioriza e consequentemente as escolas no momento da escolha do livro didático.

No capítulo *A Energia segundo a Física*, encontraremos os aspectos teóricos dos experimentos frente ao tema Energia que serão mostrados no capítulo *Estudando Física sob o viés da Energia*.

No capítulo *Desafios e Perspectivas*, encontraremos os desafios enfrentados no ensino de Energia e a busca por novas alternativas de ensino para tornar este tema mais claro e interessante aos alunos.

No capítulo *Estudando Física sob o viés da Energia*, são apresentados dois experimentos voltados para o ensino de Energia disponíveis na escola Marciano de Toledo Piza e uma nova abordagem do experimento proposto por Ferreira e Ramos (1998) para ensino do *Efeito Magnus*, estudado agora sob o viés da Energia. É abordado como cada experimento funciona, quais tipos de Energia estão envolvidos em cada experimento e a metodologia da aula experimental aplicada em sala de aula. É relatada também a experiência de aplicação desta proposta de aula na escola de tempo integral Marciano de Toledo Piza, os aspectos positivos e negativos, qual experimento obteve maior destaque, se os objetivos almejados foram atingidos e o que pode ainda ser melhorado na proposta.

A conclusão traz uma reflexão acerca da temática explorada neste trabalho, bem como as dificuldades enfrentadas durante este estudo e as perspectivas e implicações futuras deste trabalho em minha carreira como futura docente de Física.

## 2 - O TEMA ENERGIA EM MATERIAIS DIDÁTICOS

Os livros didáticos eram em meu período de estudante e continuam sendo de suma importância como material de apoio para alunos da rede pública de todo o país, seja para alunos como fonte de consulta, seja para docentes como auxílio no preparo de suas aulas. Segundo Pimentel (2006, p.308):

Para o aluno constitui-se numa valiosa fonte de estudo e pesquisa, ajudando-o a complementar as anotações de seu caderno. Para o professor é o principal roteiro empregado na programação e desenvolvimento das atividades em sala de aula ou extra-classe.

Mas, como salienta Pimentel, *“sua utilização, entretanto, não deve ser feita de maneira inflexível, como sendo ele uma referência que encerra toda a verdade dos fatos”* (PIMENTEL, 2006).

Segundo Jacques e Alves Filho (2008, p.16), livros didáticos estão há muito tempo na atenção e acompanhamento do governo:

Desde 1938, com a criação da Legislação do Livro Didático, pelo Decreto-Lei 1006, programas que consomem extraordinárias verbas públicas foram implementados, objetivando uma melhor qualidade das obras didáticas, assim como sua distribuição gratuita aos alunos de escolas públicas do país.

Selecionamos três obras diferentes para fazer uma análise exploratória de como o tema Energia é abordado em alguns livros didáticos brasileiros.

Inicialmente escolhemos as obras das escolas em que trabalhei no ano de 2014:

- o Caderno do Aluno e do Professor do Governo do Estado de São Paulo que são utilizados na escola de tempo integral Marciano de Toledo Piza presente em Rio Claro – SP onde trabalhei no projeto PIBID.
- o livro didático utilizado na ETEC Armando Bayeux da Silva, onde trabalhei como estagiária em PEF.
- além deles, para uma retrospectiva histórica, peguei uma obra de 1996 e que se encontram disponíveis na biblioteca do campus da UNESP de Rio Claro.

A escolha dos livros didáticos para esta análise teve como ponto de partida comparar como o tema Energia aparece em diferentes livros didáticos, retirados de



lugares diferentes, para ver a abordagem do conteúdo de energia, em um livro antigo e nos atuais, os aspectos comuns em ambos os livros, as particularidades de cada livro.

### ***O Caderno do Aluno e do Caderno do Professor (2014 - 2017)***

No Caderno do Aluno do Governo de Estado de São Paulo (2014), volume 1, direcionado à 1ª Série do Ensino, o tema Energia está presente em duas situações de aprendizagem (Formas de Energia e Conservação da Energia).

No Caderno do Aluno podemos ver claramente o tema Energia associado à Mecânica. Neste livro nem menções a outras formas de energia são realizadas. Entretanto cabe mencionar que este livro é somente um material de apoio aos alunos, pois ainda há o Caderno do Professor, o próprio docente responsável pela disciplina e o livro didático como material de estudo aos alunos.

É um livro que não pode ser adotado como único material de estudo visto que deixa a desejar na parte teórica bem como de exercícios.

A tabela abaixo apresenta as situações de aprendizagem que abordam sobre o tema Energia neste caderno e um breve resumo do conteúdo pertencente a cada uma delas:

<b>SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM</b>	<b>RESUMO</b>
Situação de aprendizagem 11 - Formas de Energia (p.55 - 63)	Exemplos de formas de energia, explicação sobre conversão de energia, tipos de energia
Situação de aprendizagem 12 - Conservação de Energia em sistemas do cotidiano (p.64 - 68)	Exercícios relacionados aos temas aprendidos na situação de aprendizagem 12

Quadro 1 – Situações de aprendizagem sobre Energia, pertencentes ao Caderno do Aluno.

A figura abaixo está presente na situação de aprendizagem 11 e é uma proposta direcionada aos alunos de relacionarem processos ou sistemas a suas respectivas fontes de Energia. Ela encontra-se semipreenchida de maneira a ser um guia para o aluno no momento da resolução do problema.

Fonte de energia que altera o movimento	Processos ou sistemas	
Ventos/eólica	Veleiro	
Solar		
Reações nucleares		
Deformações elásticas		
Gravidade		
Eletricidade	DVD	
Alimentos		
Combustíveis industrializados	Carro	

Quadro 2 – Fontes de energia que alteram o movimento / processos ou sistemas correspondentes (Caderno do Aluno, 2014, p.55).

Podemos notar ao longo do caderno que o texto utiliza explicações breves, não havendo nenhum aprofundamento de conteúdo. As explicações se resumem a poucas linhas e este material, sendo dedicado a alunos do primeiro ano do ensino médio, que muitas vezes desconhecem o que seja Energia, deveria apresentar aos alunos com um aprofundamento muito maior de conteúdo.

Podemos notar que o texto em nenhum momento explica ao aluno o conceito de Energia, pelo contrário, ele já inicia o conteúdo supondo que o aluno saiba este conceito, o que é preocupante, pois o tema é iniciado a partir de formas de Energia já reconhecidas anteriormente pelos estudantes, o que pode ensejar uma limitação do tema.

O Caderno do Aluno sugere aos estudantes um roteiro de experimentação extremamente simplificado. Não há instruções adicionais de montagem além de uma figura presente no texto que ilustra o experimento já construído. Segue abaixo a figura que ilustra o desenho que aparece no experimento como guia para poder reproduzir o experimento:

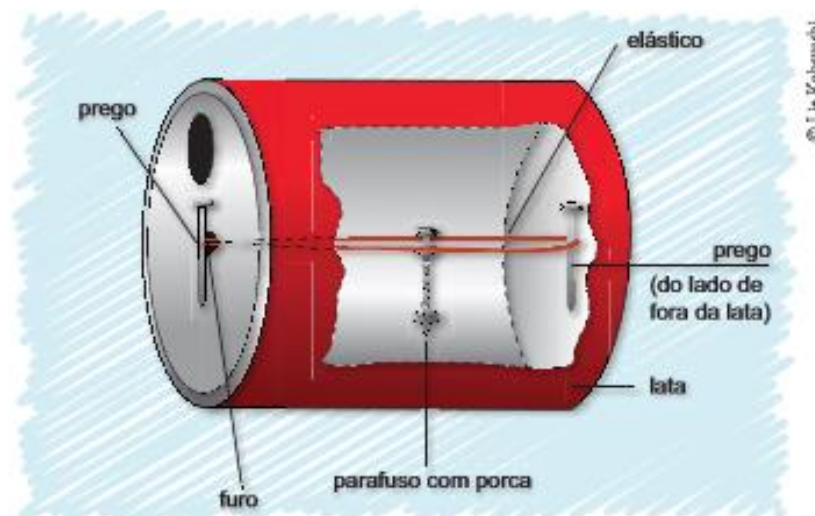


Figura 1 - Ilustração da montagem do experimento (SÃO PAULO, 2014, p.57).

Não há um roteiro explicando aos alunos como desenvolver este experimento.

Além disto, as explicações sobre Energia Potencial, Energia Cinética, Energia Mecânica e Conservação da Energia aparecem como Leitura Complementar e podem passar despercebidas aos alunos ou passarem a sensação de ser um assunto não tão importante.

A situação de aprendizagem 12 consta somente de exercícios relacionados aos conteúdos vistos anteriormente.

O Caderno do Professor possui a mesma estrutura e o mesmo conteúdo do Caderno do Aluno, exceto por explicações adicionais ao docente referente à como lecionar este conteúdo aos alunos (instruções de como apresentar este conteúdo aos alunos, respostas esperadas dos alunos, etc).

Considero as explicações limitadas da mesma forma que se apresentavam no Caderno do Aluno e novamente podemos verificar que neste livro como no anterior o tema Energia se mostra predominante em Mecânica.

### ***O livro Física de Alberto Gaspar***

O livro Física de Alberto Gaspar (2009, Editora Ática) foi selecionado para esta análise por ter sido utilizado na ETEC Prof. Armando Bayeux como material didático no ano de 2010. Este livro é volume único e o tema Energia aparece mais

claramente na Unidade I (Mecânica) nos capítulos 16 (Energia), 17 (Energia Mecânica e sua Conservação) e 18 (Impulso e Quantidade de Movimento).

O livro apresenta a seguinte estrutura:

<b>CAPÍTULOS</b>	<b>SUBTÍTULOS</b>
16 – Energia	1 – Trabalho e energia, 2 – Energia Mecânica, 3 – Energia Potencial, Exercícios.
17 – Energia Mecânica e sua Conservação	1 – Energia Mecânica, 2 – Conservação da Energia Mecânica, Exercícios
18 – Impulso e Quantidade de Movimento	1 – Impulso de uma força, 2 – Quantidade de Movimento, 3 – Conservação da Quantidade de Movimento, Exercícios.

Quadro 3 – Capítulos referentes ao tema Energia (Gaspar, 2004, p.154-182).

Abaixo encontram-se os resumos dos subtítulos presentes em cada capítulo:

<b>SUBTÍTULOS DO CAPÍTULO 16</b>	<b>RESUMO DOS SUBTÍTULOS</b>
1 – Trabalho e energia	Breve introdução sobre o conceito de Energia e os tipos de energia existentes.
2 – Energia Cinética	Breve explicação teórica, exercícios resolvidos sobre o tema e exercícios propostos.
3 – Energia Potencial	Breve explicação teórica, exercícios resolvidos sobre o tema e exercícios propostos.
Para analisar e concluir	15 exercícios propostos sobre os temas abordados no capítulo

Quadro 4 – Resumo subtítulos capítulo 16.

No início deste capítulo nos deparamos com uma informação do autor sobre como o tema energia será abordado no livro. Segundo Gaspar (2004, p. 154):

De certo modo, pode-se dizer que a ideia de energia vai aparecer, direta ou indiretamente, em todos os próximos capítulos – a energia é uma grandeza fundamental do estudo da física. Mas seu estudo se inicia e aparece de forma mais clara neste e nos dois capítulos seguintes, nos quais é analisada do ponto de vista mecânico.

Aqui nos deparamos com uma contradição do autor: se Energia é uma grandeza fundamental qual o motivo dela ser abordada de forma mais clara e direta somente em Mecânica?

O capítulo 17 que aborda o tema “Conservação da Energia Mecânica” novamente apresenta explicações simplificadas sobre o tema. Quando menciono “explicações simplificadas” me refiro a duas páginas de conteúdo somente onde é introduzido um exemplo e a formulação matemática logo em seguida, não é feita uma discussão mais aprofundada acerca do tema. O capítulo 18 que aborda impulso e quantidade de movimento comenta sobre Energia somente no início do capítulo em sua introdução, depois não mais.

### ***O livro Aprendendo Física 1 (1996)***

O livro *Aprendendo Física I* de Marcos Chiquetto, Bárbara Valentim e Estéfano Pagliari foi o material mais antigo que selecionei para esta análise para vermos como o tema Energia aparece nos livros didáticos utilizados antigamente. A edição analisada é do ano de 1996, pertencente à Editora Scipione e faz parte de uma coleção com mais dois volumes (*Aprendendo Física 2* e *Aprendendo Física 3*).

A tabela abaixo retrata os tópicos abordados no capítulo sobre Energia e um breve resumo do que é abordado em cada tópico:

<b>TÓPICOS</b>	<b>RESUMO</b>
Energia	Tópico introdutório onde se faz uma abordagem breve da importância histórica do conceito de energia e relata que a importância deste conceito será verificada no volume 2 de sua coleção quando será estudado conservação da Energia, fenômenos térmicos e ondas e que no volume 3 será abordado eletromagnetismo onde Energia também assume um papel central.
Trabalho	Breve explicação teórica , 7 exercícios de aplicação.
Energia Cinética	Breve explicação teórica, 7 exercícios de aplicação.
Energia Potencial	Breve explicação teórica, sem exercícios.
Conservação da Energia Mecânica	Breve explicação teórica, 5 exercícios de aplicação.
Energia Potencial Elástica	Breve explicação teórica, 5 exercícios de aplicação.
Leitura Complementar	História máquinas a vapor
Exercícios de Revisão e Lista Complementar de exercícios	28 exercícios de aplicação

Quadro 5 – Componentes do capítulo Energia.

Observando a estrutura deste livro pude destacar alguns aspectos positivos e negativos. Considerei muito interessante o texto no tópico Energia mostrar que este tema será abordado em outras áreas e destacar a importância deste conceito.

Isto mostra ao aluno que o tema Energia não se restringe só a este conteúdo, o que por muitas vezes ocorre por ser o primeiro conteúdo a ser abordado nas escolas onde o termo Energia se encontra em sua forma mais clara e explícita, podendo induzir os alunos ao erro de assimilarem que Energia só é o que lhes é ensinado em Mecânica. Mas, apesar de o autor citar que Energia se manifesta em outras áreas da Física, considero falha sua abordagem por não proporcionar nada mais no capítulo que possa levar o aluno a pensar que o tema Energia é presente em outras áreas da Física.

Senti falta do texto mostrar ao aluno os diversos tipos de Energia que existem como Energia Química, Solar, Nuclear, Eólica, entre tantas outras, pois os alunos podem se deparar muitas vezes com estes tipos de Energia em seu cotidiano, seja vendo uma placa solar em cima de uma casa para aquecer a água do chuveiro, uma roupa secando no varal, um brinquedo movido a pilha ou assistindo um documentário sobre usinas nucleares, e não conseguir relacionar o conteúdo aprendido em sala de aula com o cotidiano ao seu redor.

Considerei as explicações do livro sobre os tipos de Energia pertencentes à Mecânica muito breves, mas ao mesmo tempo claras. Destaco a preocupação do texto em sempre utilizar um exemplo simples e de fácil compreensão relacionado ao assunto de cada tópico para desenvolver uma discussão acerca do tema.

No livro *Aprendendo Física 2*, o tema Energia está presente mais explicitamente no capítulo 1, o qual aborda os temas Calor e Princípio da conservação da Energia.

Este capítulo apresenta os seguintes subtítulos: A Energia: a moeda universal da Física, fenômenos térmicos, temperatura, equilíbrio térmico, o calor como uma forma de Energia, modelo cinético e conceito de calor, princípio da conservação da Energia.

No final do primeiro subtítulo o texto ressalta ao leitor que o tema Energia será o enfoque central deste volume, sendo abordado primeiramente em Física Térmica e posteriormente em Ondulatória. Considerei muito interessante o texto citar isto, assim como fez no livro analisado anteriormente, pois, desta forma, deixa claro ao leitor que o tema Energia não está presente só em Mecânica.

Apesar disto, suas explicações são extremamente breves e poderiam ser muito melhor exploradas. No primeiro subtítulo do capítulo 1 o texto define Energia como grande moeda universal da Física. Considero esta analogia de certa forma confusa, pois o texto usa esta comparação por podermos transformar um tipo de moeda em outro assim como a Energia, mas apesar de podermos transformar um tipo de Energia em outra, ela não é algo palpável como uma moeda que ao irmos a uma casa de câmbio conseguimos trocar.

A explicação sobre Conservação da Energia, assunto de extrema importância na Física, é extremamente superficial e está resumida em somente 13 linhas presentes no subtítulo Princípio da Conservação da Energia.

### ***Análises dos livros didáticos estudados***

Como foi observado, o tema Energia é apresentado com maior destaque no tópico Mecânica. Das três obras analisadas duas delas mencionam que o tema Energia é presente em outras áreas da Física, entretanto isso não aparece para além da temática Mecânica.

Isto é uma das grandes falhas observadas no ensino de Energia nas atividades de Ensino de Física, deixando os alunos distantes de um assunto muito importante e extremamente complexo. Parte dessa dificuldade decorre do fato da Energia ser difícil de ser mensurada diretamente, como distância ou tempo, por exemplo. Não existe um “energizômetro” que calcule o quanto de Energia está envolvida em um processo. Podemos estimar este valor apenas pelas grandezas que o compõem.

Como este tema aparece associado à Mecânica isto pode levar os alunos a concluir precipitadamente que os tipos principais de Energia são os que compõem a Energia Mecânica, sem condições de sozinhos explorar adequadamente os outros tipos de Energia.

Outro aspecto “assustador” é relacionado à abordagem do tema conservação da Energia. Somente no livro Aprendendo Física 1 o texto faz um breve contexto histórico citando Mayer e Joule e relaciona este conteúdo a Termodinâmica, mas ao mesmo tempo não o aprofunda. Nos outros livros que fizeram parte desta análise isto é ainda pior, pois vemos somente a abordagem do ponto de vista da conservação da Energia Mecânica.

O tema Energia é de extrema importância na Física, mas necessita ser mais bem explorado, visto que sua importância maior aparece em Mecânica enquanto que nas outras áreas da Física recebe apenas uma pequena citação. Cabe ao docente explorar este conteúdo com os alunos de uma forma mais completa, mais clara, que abranja energia em outras áreas da Física e as relacione. Mas dada a importância do livro didático para o professor, isso pode ser um grande obstáculo.

Entendo que é possível ensinar Energia em vários temas de Física, motivo de minha preocupação nesta monografia.

Como alternativa ao que se coloca no livro didático, procuramos elaborar uma aula que será apresentada mais adiante neste trabalho, tentando relacionar de uma forma interativa diferentes tipos de Energia, pela observação e interação dos alunos com os fenômenos que aconteciam nos experimentos que lhes foram apresentados durante a aula.



### 3 - A ENERGIA SEGUNDO A FÍSICA

O diagrama proposto por Goldemberg (2003) mostra a evolução do consumo de Energia desde o homem primitivo até o homem tecnológico que compreende a nossa sociedade atual, mostrando nossa extrema dependência da Energia.

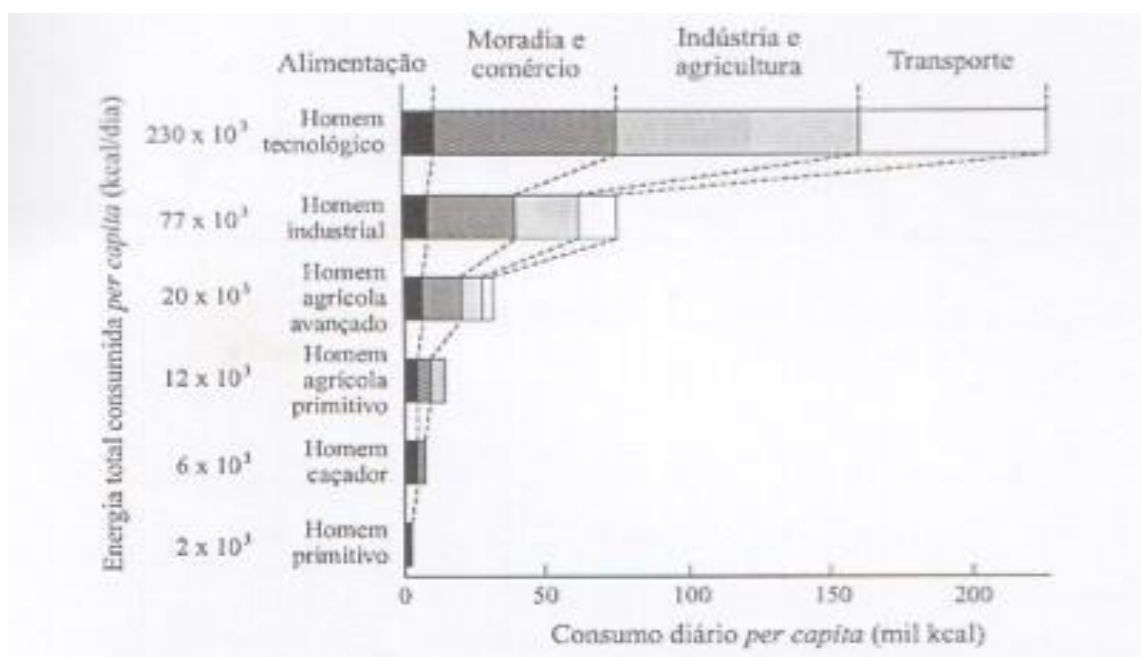


Figura 2 - Consumo diário per capita de Energia ao longo da evolução humana. Reproduzido de: GOLDEMBERG, J. *Energia e Meio Ambiente*, 2003, p.45.

Percebe-se dessa forma que o tema Energia esteve sempre presente em nossa história, mesmo antes de tal conceito ser formulado na Ciência Moderna. Conhecidos ou não do assunto, que aprenderam direta ou indiretamente a dominar e a desenvolver tecnologias, para usar esta ao nosso favor e chegarmos a nossa sociedade atual, já possuíam a necessidade de obter Energia.

Segundo Golbemberg (2003), o consumo de Energia mais baixo, que caracterizava o homem primitivo (2.000 kcal por dia), aumentou em um milhão de anos por um fator de 100 (250.000 kcal por dia). Nos dias atuais este consumo aumentou cerca de um milhão de vezes.

Até o final da Idade Média, a energia quase que em sua totalidade era proveniente do uso da madeira (sob a forma de lenha). Nos dias atuais, o aumento do consumo de energia só foi possível devido ao aumento do uso de carvão como fonte de calor e potência no século XIX, o uso de motores a explosão interna, ao uso

de petróleo e seus derivados e ao uso da eletricidade gerada inicialmente por usinas hidroelétricas e termoelétricas (GOLDEMBERG, 2003).

Até em nossas atividades cotidianas a Energia também esta presente. Seja quando escrevemos, quando caminhamos e até quando descansamos estamos consumindo Energia. A Energia mínima para um ser humano permanecer vivo é de aproximadamente 1.000 kcal e para um homem que realiza trabalho pesado são necessárias 4.000 kcal (GOLDEMBERG, 2003).

A figura abaixo nos fornece os valores das necessidades energéticas para cada atividade (em kcal/hora):

Trabalho leve	kcal/hora	Trabalho moderado	kcal/hora
Escrever	20	Tomar banho	125-215
Permanecer relaxado	20	Trabalho de carpintaria	150-180
Datilografar rapidamente	55	Caminhar	130-240
Tocar violino	40-50		
Lavar louça	60		
Passar a ferro	60		
Trabalho pesado		Trabalho muito pesado	
Marchar	280	Quebrar pedras	350
Andar de bicicleta	180-600	Correr	800-1000
Remar	120-600	Escalar montanhas	400-900
Nadar	200-700	Esquiar	500-950
		Subir escadas	1000

Fonte: E. Cook, *Man, Energy, Society*, W. H. Freeman and Co, San Francisco, EUA (1976).

Figura 3 - Consumo diário de Energia nas atividades cotidianas.  
Reproduzido de: GOLBEMBERG, J. *Energia e Meio Ambiente*, 2003, p. 44.

Ao contrário do que grande parte dos livros didáticos analisados neste trabalho priorizam, Energia não se resume apenas a Mecânica. A complexidade do ensino de Energia estende-se a gama de formas que este conceito apresenta. Quando falamos Energia, devemos nos lembrar de que por mais que nos forcem a pensar em Energia “Mecanicamente”, existem outras formas de Energia, como por exemplo: elétrica, térmica, de radiação, nuclear, química, de massa.

Segundo Goldemberg (2003), a Energia pode se apresentar de diversas formas, dentre as quais podemos mencionar:

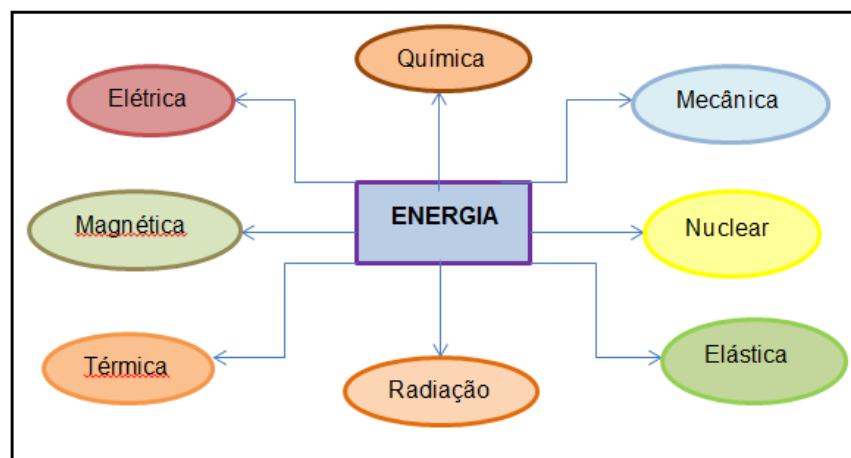


Figura 4 - Tipos de Energia.

Goldemberg resalta ainda uma característica essencial da Energia que é sua capacidade de conversão. A figura abaixo representa alguns processos de conversão de Energia:

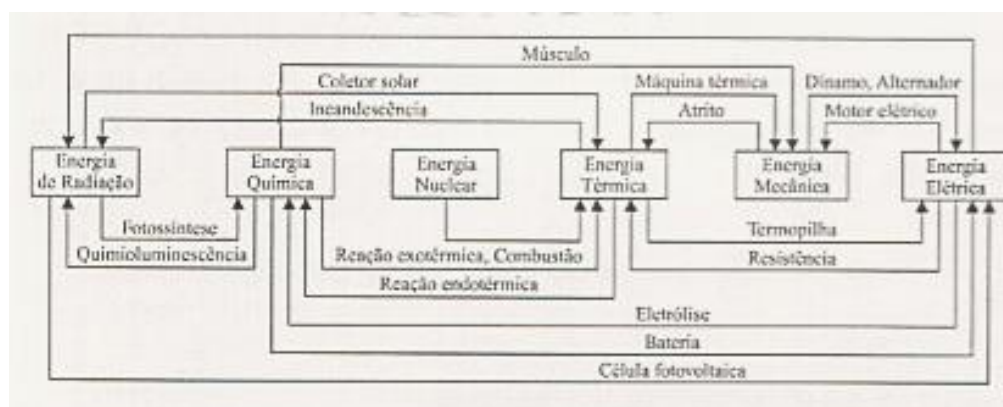


Figura 5 - Processos de conversão de Energia.

Reproduzido de: GOLBEMBERG, J. *Energia e Meio Ambiente*, 2003, p.35.

Todos os processos de conversão energética são regidos por duas leis fundamentais: a Lei da Conservação da Energia e a Segunda Lei da Termodinâmica (GOLDEMBERG, 2003).

### **Conservação da Energia**

Segundo destaca Feynman (2003, p.4-2) existem diversas formas de energia (cinética, potencial, elástica, térmica, etc.) onde cada uma é representada por uma fórmula.

Feynman nos explica a Lei da Conservação da Energia por meio de uma anedota, onde um menino – “Denis, o Pimentinha” – possui 28 blocos e sua mãe sempre ao final do dia conta o número de blocos, e por mais que Denis apronte suas brincadeiras, o resultado é sempre 28. Relacionando isto a Física, de acordo com a Lei da Conservação da Energia, enuncia-se que existe certa quantidade, que chamamos de energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais a natureza passa (Feynman, 2003, p.4-1).

Segundo Feynman (2003, p.4-2):

É importante perceber que, na física atual, não temos conhecimento do que é a energia. Não temos um quadro de que a energia vem em pequenas gotas de magnitude definida. Isto não é assim. Entretanto, existem fórmulas para calcular certas quantidades numéricas e ao somarmos tudo o resultado é 28” – sempre o mesmo número. É algo abstrato no sentido de que não nos informa o mecanismo ou a razão para as várias fórmulas.

Quando calculamos a Energia, às vezes parte dela sai do sistema e outras vezes parte dela entra no sistema. Para podermos verificar a conservação, devemos ter cuidado para não colocarmos nem retirarmos Energia do sistema.

Se juntarmos as fórmulas para cada uma dessas contribuições, a Energia não mudará, exceto quando entra e sai do sistema (Feynman, 2003).

Segundo Feynman (2003, p.4-1):

Existe um fato, ou se você preferir, uma lei que governa todos os fenômenos naturais que são conhecidos até hoje. Não se conhece nenhuma exceção a essa lei – ela é exata até onde sabemos. A lei é chamada de conservação da energia. Nela enuncia-se que existe uma certa quantidade, que chamamos de energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais a natureza passa. Essa é uma ideia muito abstrata, por que é um princípio matemático; ela diz que existe uma quantidade numérica que não muda quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas um estranho fato de que podemos calcular algum número e, quando terminamos de observar a natureza fazer seus truques e calculamos o número novamente, ele é o mesmo.

Feynman nos relata no trecho acima a complexidade presente no entendimento do conceito de Energia. Se para Feynman, físico renomado, ganhador do Nobel de Física em 1965, crítico em relação às formas de se aprender e ensinar ciência, este conceito é complexo de entendimento, imaginemos como é o entendimento dos alunos de Ensino Médio acerca deste tema.

No relato que será apresentado mais a frente neste trabalho, tive a possibilidade de vivenciar a dificuldade dos alunos em entender o conceito de Energia. Muitos não conseguiam sequer relacionar os conteúdos aprendidos em sala de aula com os fenômenos dos experimentos que lhes foram apresentados. E em um cenário um pouco pior, grande parte dos alunos sequer sabiam o que era cada tipo de Energia que haviam estudado e nem a fórmula matemática correspondente a cada tipo de Energia.

A grande dificuldade que surge nesse âmbito é como tornar este tema claro e interessante aos alunos. Mostrar a eles que Energia não está presente somente em Mecânica como os livros didáticos insistem em mostrar, que há outras formas de Energia sim e não menos importantes que as da Mecânica, que elas se assemelham até certo ponto, que a Energia se conserva (exceto quando há forças dissipativas agindo sobre o sistema) e que ela se transforma. Segundo Feynman (2003, p.4-4):

Existem muitas outras formas de energia e é claro que não podemos descrevê-las em detalhes agora. Existe a energia elétrica, que tem a ver com empurrar e puxar das cargas elétricas. Existe a energia radioativa, a energia da luz, que sabemos ser uma forma de energia elétrica porque a luz pode ser representada como agitações no campo magnético. Na verdade, a energia elástica é, até certo ponto, semelhante à energia química, porque a energia química é a energia de atração dos átomos uns pelos outros, e da mesma forma é a energia elástica.

### ***Os experimentos que estudamos***

Os experimentos que serão abordados neste trabalho abordam três tipos de Energia: Mecânica, Radiação (luz e calor) e elétrica. A Energia Mecânica será abordada em uma seção neste capítulo e as Energias de Radiação e Elétrica serão abordadas neste capítulo na seção que abordará o funcionamento das células fotovoltaicas, pois estes tipos de energia foram observados em um dos experimentos que possuía estas células.

Foram utilizados neste trabalho três experimentos: Placa Solar, *Looping* e *Looping* de copinhos de café. Os dois primeiros experimentos (Placa Solar e *Looping*) pertencem a escola Marciano de Todelo Piza. São experimentos fornecidos pelo Governo do Estado de São Paulo para as aulas de laboratório nas escolas de Tempo Integral.

O experimento da Placa Solar pode ser considerado o mais versátil dentre os três apresentados neste trabalho, é constituído por um kit de itens que permitem modificar sua estrutura. Os itens que compõem o kit são: Célula fotovoltaica, luz artificial, disco de Newton, placa acoplada a disco de Newton com suporte para dois multímetros e carrinho motorizado.



Figura 6. Placa solar com disco de Newton.



Figura 7 - Placa solar com disco de Newton e multímetros.



Figura 8. Placa solar com carrinho motorizado.



Figura 9 - *Looping*.



Figura 10 - *Looping* de copinhos de café.

## Energia térmica e a segunda Lei da Termodinâmica

Segundo Oliveira e Dechoum (2003), a segunda Lei da Termodinâmica é uma das construções intelectuais mais intrigantes de todos os tempos. No final do século XIX, após as ideias de Carnot, Boltzmann introduziu uma interpretação probabilística para sua lei; em meados do século XX, Shannon trouxe a teoria da informação; nos dias atuais com o estudo de sistemas complexos a segunda lei da termodinâmica ganha mais uma vertente (OLIVEIRA e DECHOUM, 2003).

Podemos definir a 2ª Lei da Termodinâmica formulada por Kelvin segundo Oliveira e Dechoum (2003, p. 359) da seguinte forma:

Não há nenhum processo no qual calor é extraído de uma fonte e convertido inteiramente em trabalho útil, sem nenhuma outra consequência para o resto do universo.

Oliveira e Dechoum (2003) nos dizem que a Segunda Lei da Termodinâmica do ponto de vista macroscópico pode ser entendida como uma lei que define



processos reversíveis que ocorrem em um universo em constante equilíbrio, e processos irreversíveis onde o universo evolui a “degradar-se” de modo que a Energia útil disponível no universo será sempre menor que no instante anterior. Energia útil para os autores seria a Energia que pode ser convertida em trabalho e a medida da degradação da Energia útil é feita através da variação da entropia do universo.

Para Goldemberg (2003), a Segunda Lei da Termodinâmica nos mostra que não podemos utilizar todas as formas de energia com a mesma eficiência e cita, como exemplo, a possibilidade de conversão integral de Energia Mecânica em calor, mas que o inverso não é possível.

Segundo Goldemberg (2003, p.38):

É impossível a existência de máquinas térmicas que possam transformar calor completamente em trabalho, i.e., com 100% de eficiência.

Máquinas térmicas são dispositivos que realizam trabalho por meio da transferência de calor de um corpo de temperatura elevada para outro a temperatura baixa (GOLDEMBERG, 2003). A figura abaixo nos mostra um esquema de como é a eficiência das máquinas térmicas.

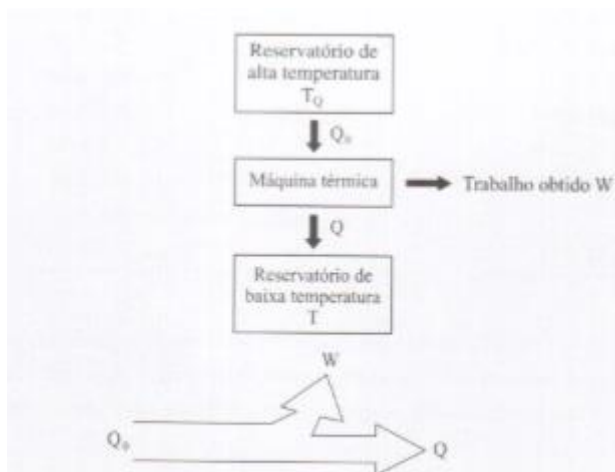


Figura 11. Eficiência das máquinas térmicas. Reproduzido de: GOLDEMBERG, J. Energia e Meio Ambiente, 2003, p. 38.

A eficiência térmica é representada por:

$$E = \frac{w}{Q_0} = \frac{Q_0 - Q}{Q_0} = 1 - \frac{Q}{Q_0}$$



O Ciclo de Carnot é um ciclo ideal de uma máquina térmica operando entre duas temperaturas,  $T_1$  e  $T_2$ , onde  $T_1 > T_2$  (Goldemberg, 2003).

A figura à seguir ilustra os processos que ocorrem com o gás ideal durante o Ciclo de Carnot:

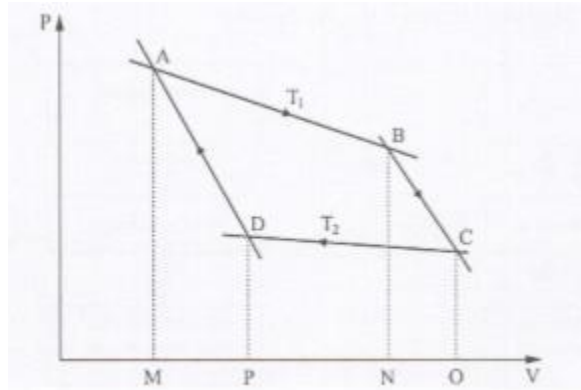


Figura 12. O Ciclo de Carnot. Reproduzido de: GOLBEMBERG, J., Energia e Meio Ambiente, 2003, P.39.

Os processos ilustrados na figura correspondem respectivamente: Expansão Isotérmica (AB) e Expansão Adiabática (BC) ambos a temperatura inicial  $T_1$ , e Compressão Isotérmica (CD) e Compressão Adiabática (DA) ambos a temperatura final  $T_0$ .

A eficiência do Ciclo de Carnot é representada pela seguinte fórmula:

$$E = \frac{1 - Q}{Q_0} = 1 - \frac{T}{T_0}$$

Onde T e  $T_0$  são as temperaturas final e inicial em Kelvin.

Segundo GOLBEMBERG (2003, p.40), na prática, devido ao atrito e a outras perdas, a eficiência das máquinas térmicas é menor que o valor máximo.

A figura a seguir mostra a eficiência da Segunda Lei da Termodinâmica para diversas atividades que consomem energia com a tecnologia utilizada atualmente.

Poderemos observar que na maioria dos casos a eficiência é bastante baixa, o que demonstra as melhorias com uso de novas tecnologias (GOLBEMBERG, 2003, p.42).

Setor	$\eta$ (%)
1. Fins residenciais	
Aquecimento (lareira)	5
Aquecimento resistivo	2,5
Ar condicionado	4,5
Aquecimento de água (gás)	3
Aquecimento de água (eletricidade)	1,5
Refrigeração	4
2. Transporte (automóvel)	12
3. Fins Industriais	
Geração de energia elétrica	35
Produção de aço	23
Produção de alumínio	13

Fonte: M. H. ROSS & R. H. WILLIAMS, "The Potential for Fuel Conservation", *Technology Review*, 1977, p. 949.

Figura 13. Eficiência da Segunda Lei da Termodinâmica para diversos setores. Reproduzido de: GOLDEMBERG, J. Energia e Meio Ambiente, 2003, p.42.

Estudaremos agora um pouco sobre a Energia Mecânica, manifestação energética presente nos experimentos didáticos propostos neste trabalho.

### Energia Mecânica

Segundo TIPLER (2000) o conceito de energia está intimamente associado ao conceito de Trabalho, quando um sistema faz trabalho sobre o outro há transferência de energia entre os dois.

O trabalho de uma força constante ( $F$ ) corresponde ao ponto de aplicação da força pelo deslocamento gerado ( $d$ ), que pode ser representado pela fórmula a seguir:

$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

A unidade de trabalho no Sistema Internacional é o Joule (J) que corresponde ao produto de Newton por metro.

Segundo Macedo (1976) a Energia Cinética pode ser definida como a energia do movimento de uma partícula ou de um corpo rígido.

Distinguem-se a Energia Cinética de translação e a de rotação. A energia cinética de translação pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$T = \frac{mV^2}{2}$$

onde  $m$  é a massa e a  $v$  a velocidade do corpo ou partícula.

A energia cinética de rotação pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$E_{rot} = \frac{Iw^2}{2}$$

onde  $I$  é o momento de inércia em relação ao eixo de rotação e  $w$  a velocidade angular.

Partindo da 2ª Lei de Newton que enuncia que o produto da massa de um corpo por sua aceleração corresponde à força resultante que age sobre o corpo conseguiremos obter a expressão da Energia Cinética. Abaixo está representada a equação que corresponde a 2ª Lei de Newton:

$$F = m \cdot a$$

O trabalho efetuado pela resultante das forças é igual ao trabalho total efetuado sobre a partícula:

$$W_{total} = F \cdot d = m \cdot a$$

Temos do movimento uniformemente acelerado a Equação de Torricelli:

$$V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot d$$

Ao isolar o produto da aceleração pelo deslocamento podemos obter a expressão:

$$a \cdot d = \frac{V^2 - V_0^2}{2}$$

Se multiplicarmos pela massa ( $m$ ) os dois lados da equação obtemos a seguinte expressão:

$$m \cdot a \cdot d = \frac{m \cdot V^2}{2} - \frac{m \cdot V_0^2}{2}$$

O primeiro termo da igualdade corresponde ao trabalho total da partícula:

$$W_{total} = \frac{m \cdot V^2}{2} - \frac{m \cdot V_0^2}{2}$$

Assim chegamos ao teorema Trabalho - Energia cujo princípio é o trabalho total efetuado sobre uma partícula é igual à variação da Energia cinética da partícula. Portanto a Energia Cinética ( $E_C$ ) pode ser demonstrada conforme a equação abaixo:

$$E_C = \frac{m \cdot V^2}{2}$$

A Energia Potencial de um sistema é a energia que o sistema pode armazenar, por isso está associada à configuração do sistema. Podemos dizer que a

Energia Potencial de um sistema pode ser definida como o trabalho negativo efetuado pelas forças conservativas que atuam sobre o sistema.

Segundo Macedo (1976, p.123):

Energia Potencial. Fís. É a que só depende da posição dum sistema, ou da posição relativa das partículas ou partes dum sistema. Pode ser de diferentes tipos, conforme a natureza do sistema e a da interação entre as partículas.

Definição de Energia Potencial:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = -W = - \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

A Energia Potencial Gravitacional é associada à força gravitacional nas vizinhanças da superfície da Terra e pode ser definida como:

$$U = \int mgdy = mgy + U_0$$

$$U = U_0 + mgy$$

(onde  $U_0$  é a energia potencial em  $y = 0$ ).

A Energia Potencial Elástica é a Energia armazenada em um corpo quando este sofre deformação devido à ação de uma força. Podemos defini-la da seguinte forma:

$$dU = -\vec{F} \cdot d\vec{s} = -F_x dx = -(-kx)dx = +kx dx$$

$$U = \int kx dx = \frac{1}{2} kx^2 + U_0$$

(onde  $U_0$  é a Energia Potencial em  $X = 0$ ).

Tomando  $U_0 = 0$  temos:

$$U = \frac{1}{2} kx^2$$

A Energia Mecânica de um sistema corresponde à soma da Energia Cinética com a Energia Potencial:

$$E = K + U$$

Quando somente forças conservativas internas efetuarem trabalho em um sistema de duas ou mais partículas a Energia Mecânica não se alterará.

$$E = K + U = \text{constante}$$

O conceito de Energia Mecânica faz-se presente nos experimentos *Looping* e *Looping* de copinhos de café. A teoria apresentada a seguir: Energia Luminosa e sua transformação em Energia Elétrica, faz-se presente no experimento Placa Solar.

### ***Placa solar – Transformação de Energia Luminosa em Elétrica***

Um dos experimentos utilizados neste trabalho foi uma Placa Solar, acoplada a um disco de Newton ou a um carrinho motorizado, que fornecia energia suficiente para que estes entrassem em movimento. O tipo de Energia gerado pela placa solar é a Energia Luminosa. Para compreendermos como este tipo de Energia é gerado pela placa faremos um breve estudo do funcionamento desta.

Primeiramente, vamos fazer um breve histórico do surgimento das placas solares. Segundo Falcão (2005), em 1839 o físico francês Becquerel descobriu que certos materiais eram condutores de pequenas quantidades de corrente elétrica quando expostos à luz e este fenômeno ficou conhecido como efeito fotovoltaico. Anos depois, em 1873, Smith demonstrou o fenômeno da fotocondutividade no selênio, o qual a partir de pesquisas sobre seu efeito fotovoltaico e em óxidos de cobre levou ao desenvolvimento de células solares em 1914 já apresentavam eficiência de 1 a 2%.

Segundo Falcão (2005) uma célula solar é um dispositivo que tem seu funcionamento fundamentado no efeito fotovoltaico que consiste, essencialmente, na conversão de energia luminosa incidente sobre materiais semicondutores, convenientemente tratados, em eletricidade.

As células solares, ou fotovoltaicas, consistem basicamente de duas camadas de material semicondutor, um tipo p e outro tipo n, e quando fótons atingem a camada absorvedora de uma célula, pares elétron-buraco são gerados e separados pelo campo elétrico embutido, ou seja, elétrons são arrastados para o lado n e buracos são arrastados para o lado p fazendo surgir uma diferença de potencial nos 28 terminais da célula, a qual variará proporcionalmente conforme a intensidade da luz incidente (FALCÃO, 2005).

A figura abaixo desenvolvida por Falcão (2005) ilustra como é o movimento dos elétrons na junção p e n:

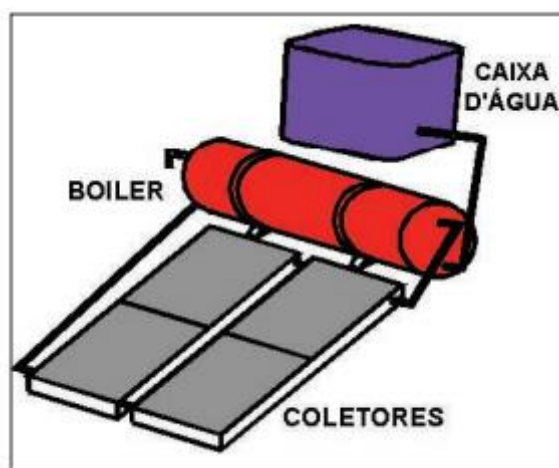


Figura 14 - Elétrons na junção p e n. Reproduzido de: FALCÃO, V. D. Disponível em: *Fabricação de células solares de CdS/CdTe*, 2005, p.28.

Os fótons que interessam para o funcionamento das células fotovoltaicas são os de comprimento de onda do visível até o infravermelho próximo, que corresponde a cerca de 390 a 1100 nm ou em termos de energia 1,1 a 3,1 eV (FALCÃO, 2005).

Existem diversos tipos de células fotovoltaicas: Células de silício monocristalino, célula de GaAs, células de silício policristalino, células de silício amorfo, células de CdTe (FALCÃO, 2005).

Os tipos de aproveitamento solar podem ser de dois tipos: Coletor solar e Concentrador Solar (ANEEL, 2002). O coletor solar é utilizado principalmente no setor residencial para aquecimento de água e consiste de um coletor solar discreto (ANEEL, 2002), como mostrado na figura abaixo:



Fonte: GREEN, 2000.

Figura 15 - Coletor Solar.

O concentrador solar é utilizado para aproveitamentos solares que requerem temperaturas mais elevadas que possuem a finalidade de captar a Energia Solar

incidente numa área relativamente grande e concentrá-la em uma área muito menor de modo que a temperatura aumente substancialmente (ANEEL, 2002).

A Energia Solar pode ser convertida diretamente em elétrica por meio de efeitos da radiação (luz e calor) sobre materiais semicondutores. Entre esses efeitos destaca-se o termoelétrico e o fotovoltaico (ANEEL, 2002).

Segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2002), pertencente à ANEEL:

O primeiro se caracteriza pelo surgimento de uma força eletromotriz, provocada pela junção de dois metais, quando tal junção está a uma temperatura mais elevada do que as outras extremidades dos fios. Embora muito empregado na construção de medidores de temperatura, seu uso comercial para a geração de eletricidade tem sido impossibilitado pelos baixos rendimentos obtidos e pelos custos elevados dos materiais.

O efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia). Entre os materiais mais apropriados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente na superfície da célula que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as melhores células apresentam um índice de eficiência de 25% (Green et al., 2000 *apud* ANEEL, 2002).

## 4 - DESAFIOS E PERSPECTIVAS

O ensino de Energia é um campo de interesse de estudo na área de Ensino de Física, interesse de autores como Pérez-Landzábal *et al.* (1995), Solbes & Tarín (1998), Assis e Teixeira (2003), Pereira e Forato (2011), entre outros. Em tais trabalhos os autores descrevem as problemáticas enfrentadas no ensino de Energia e sugerem propostas de ensino em contrapartida ao método tradicional usualmente aplicado em sala de aula.

Assis e Teixeira (2003) abordam alguns aspectos relevantes sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de Energia, tais como as concepções de energia do senso comum e as relações entre transformações de energia e meio ambiente.

Pereira e Forato (2011) propõem a construção de um minicurso explorando aspectos pouco conhecidos sobre o desenvolvimento histórico do princípio da conservação da energia, com o intuito de auxiliar o ensino da primeira lei da termodinâmica.

Pérez-Landzábal *et al.* (1995) mostraram resultados de um estudo, focado em energia como tema central, enquadrado na teoria construtivista de aprendizagem, que levou à concepção de materiais curriculares e sua implementação e avaliação em sala de aula secundárias.

Os textos apresentados acima trazem novas possibilidades de ensino do tema Energia em contrapartida ao método tradicional. Ambos apontam as dificuldades enfrentadas pelos alunos em entenderem este conceito, demasiado amplo e complexo. Como tentativa de solução a este problema os textos recorrem a alternativas didáticas como utilização de contexto histórico, desenvolvimento de minicurso, concepção de materiais curriculares e interdisciplinaridade.

Para este trabalho escolhemos como alternativa didática a experimentação voltada para o ensino de Energia. THOMAZ, apud ARAÚJO e ABID (2003, p. 176), nos relatam que as propostas voltadas na busca de enfrentar as dificuldades e problemas no ensino de Física indicam o desenvolvimento de uma educação que vise a participação plena dos indivíduos, capazes de compreender os avanços tecnológicos e atuar de modo responsável diante da interferência nos grupos sociais em que convivem.



MORAES, *apud* ARAÚJO e ABIB (2003, p.176), ressaltam a importância do uso de atividades experimentais no ensino de Física. O uso destas atividades tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades em aprender e ensinar Física de modo significativo e consistente.

### ***Uma nova abordagem seria possível?***

Um dos desafios enfrentados nas atividades de Ensino é despertar o interesse dos alunos para aprender Física. Muitos alunos chegam às salas de aula desmotivados, com preconceito de Física, considerando que por ser difícil são incapazes de aprender.

Seria possível reverter este quadro?

Uma das alternativas seria despertar a curiosidade e a motivação dos alunos em aprender Física. Mas, destacamos aqui, que esta curiosidade que se pretende despertar nos alunos deve ser a curiosidade epistemológica (que mova à aprendizagem, à reflexão).

Segundo Freire (2002, p.6):

É que o preciso de aprender, em que historicamente descobrimos que era possível ensinar como tarefa não apenas embutida no aprender, é um processo que pode deflagrar no aprendiz uma curiosidade crescente, que pode torná-lo mais e mais criador. O que quero dizer é o seguinte: quanto mais criticamente se exerça a capacidade de aprender tanto mais se constrói e se desenvolve o que venho chamando "curiosidade epistemológica", sem a qual não alcançamos o conhecimento cabal do objeto.

Para Freire (2002), a curiosidade epistemológica parte da curiosidade ingênua, mas difere-se pela sua análise crítica, à medida que se aproxima mais metodicamente do objeto a ser conhecido.

A curiosidade epistemológica pode criar a oportunidade para o aluno pesquisar e refletir sobre o que lhe foi ensinado. Neste processo o aprendiz se apropria do conhecimento que lhe é ensinado, alimentando outras dúvidas e compondo um processo de aprendizagem que se contraponha ao preconceito quanto a Física.

Para Freire (2002), não há uma distância entre a curiosidade epistemológica (crítica) e a ingênua, o primeiro é um saber de pura experiência e o segundo resultado de procedimentos metodicamente rigorosos. O que ocorre é uma

superação, na medida em que a curiosidade ingênua, sem deixar de ser curiosidade, se transforma criticamente, tornando-se epistemológica.

Devemos também lembrar que os alunos não são depósitos vazios de conhecimento. Estes possuem um conhecimento que aprenderam ao longo da vida, mesmo que seja um conhecimento pertencente ao senso comum, mesmo que seja desprezado de caráter científico. Para Freire (2002) há um ciclo baseado no conhecimento humano, ao que ele chama de ciclo gnosiológico, onde se ensina e se aprende o conhecimento.

Segundo Freire (2002, p.15):

Ensinar, aprender e pesquisar lidam com esses dois momentos do ciclo gnosiológico: o em que se ensina e se aprende o conhecimento já existente e o em que se trabalha a produção do conhecimento ainda não existente.

Mas, como tornar a aula sobre Energia mais interessante e propícia ao desenvolvimento do conhecimento epistemológico?

Uma das possibilidades de alteração é contextualizar aos alunos como o conceito de Energia chegou até os dias atuais e sua relevância para o aprendizado para assim os alunos poderem se situar e entender a importância deste conceito.

Segundo Assis e Teixeira (2003, p.46):

Na prática educativa, ao desconsiderar o processo histórico evolutivo sobre o conceito de energia, partindo rapidamente à formalização matemática de cada tipo de energia, que constitui o produto final desse processo, corre-se o risco de o conhecimento ser transmitido de forma fragmentada, o que dificulta para o aluno a viabilidade de articular as várias formas de energia, e compreender sua conservação e transformação.

Outra alternativa importante, e adotada neste trabalho, é o uso de experimentos em sala de aula. Araújo e Abib (2003) ao estudarem pesquisas que tratam sobre o uso da experimentação no ensino relatam o consenso em torno da importância do uso de atividades experimentais no ensino de Física, tanto para os alunos como para os professores, os quais consideram uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente.

A limitação em desenvolver atividades experimentais nas salas de aula, muitas vezes está associada a justificativas como a escola não possuir laboratório ou pela ausência de recursos financeiros para conseguir os equipamentos e materiais necessários para as atividades.

Há uma infinidade de experimentos construídos com materiais de baixo custo, que muitas vezes são encontrados em nosso dia-a-dia e funcionam tão bem (ou até melhor) que os experimentos disponíveis no mercado.

Um exemplo de um experimento bastante simples é sugerido Ferreira e Ramos (1998) com o *looping*, um experimento de baixo custo para explicar o *Efeito Magnus*, mas que neste trabalho será estudado pelo viés de Energia.

O experimento didático *looping* é formado por dois copinhos plásticos de café unidos por uma fita adesiva e um elástico. A partir de sua trajetória é possível entender o princípio do *Efeito Magnus*, um efeito de Mecânica dos Fluidos que normalmente não é ensinado na educação básica.

Segundo BOFF *et al* (2012):

O Efeito Magnus é um efeito físico que pode ser percebido no cotidiano como, por exemplo, nas atividades esportivas. Trata-se de um fenômeno hidrodinâmico descoberto pelo químico e físico alemão Heinrich Gustav Magnus pelo qual a trajetória em um fluido (líquido ou gás) de um objeto é alterada devido à sua rotação. Este efeito tem grande interesse prático, desde o projeto dos aviões até o “efeito” que é dado à bola por um jogador de futebol.

Tive a oportunidade de trabalhar com outros experimentos de baixo custo no projeto PIBID, voltados para o ensino de eletrostática, como os propostos Ferreira e Ramos (2008), obtendo resultados bastante interessantes em atividades didáticas onde são aplicados.

Mas, e quanto ao ensino de Energia? Que experimento podemos utilizar para explicar aos alunos este conceito tão importante e que seja de fácil acesso e barato para poder ser reproduzido em qualquer ambiente escolar?

Percebemos que com uma nova abordagem, outros experimentos, até mesmo o *looping*, estudando o experimento sob o ponto de vista de energia ali envolvida.

O exemplo citado nos permite vislumbrar que é possível sim ensinar Física e mais especificamente Energia<sup>1</sup> utilizando-se de experimentos.

Mas apenas Energia ou experimentos não bastam para nosso propósito. No momento da realização da atividade experimental auxiliar o processo de aprendizagem, fornecendo perguntas que instiguem o aluno a refletir acerca do tema, que permitam afinal o surgimento da curiosidade epistemológica.

---

<sup>1</sup> exceto talvez no caso do estudo da Energia Nuclear, pois não queremos deixar nossos alunos contaminados radioativamente, mas neste caso recursos audiovisuais são extremamente válidos.

Isto é uma situação nova frente ao que estamos acostumados a ver nas escolas, em que os docentes utilizam de aulas tradicionais, as quais fornecem o conteúdo pronto aos alunos, não permitindo nem que reflitam para além da lista de exercícios ou das provas.

## 5 - ESTUDANDO FÍSICA SOB O VIÉS DA ENERGIA

Uma das questões que nos colocamos ao eleger o tema deste trabalho foi: se Energia e a conservação de Energia são conceitos fundamentais para a Física, por que não estão presentes de maneira igualmente significativa nos conteúdos do Ensino Médio?

Seria possível introduzir esses conceitos em atividades didáticas normais, em aulas expositivas ou experimentais, desde os primeiros anos do Ensino Médio?

Normalmente a atividade de ensino, no senso comum da profissão docente, é considerada um processo acumulativo de conceitos, partindo-se do mais simples para o mais complexo, de forma a criar uma certa “precedência” entre os conceitos. Dessa forma, limita-se as possibilidades de ensino ao estabelecer que não seria possível, por exemplo, ensinar o conceito de “aceleração” antes de se ensinar o conceito de “velocidade”, uma vez que a definição clássica de aceleração é a variação no tempo da velocidade. Ocorre porém que num contexto onde existem veículos ou jogos que exigem deslocamentos palavras como “velocidade”, “aceleração” ou “tempo” já existem no vocabulário do senso comum dos estudantes, tornando a precedência entre conceitos algo bastante inútil. Assim ensinar amplia-se da ideia de apresentar o conceito ao estudante para muitas vezes ressignificá-lo dentro do corpo conceitual da Ciência. Algo semelhante ocorre para a palavra “energia”, pois mesmo antes do processo escolar é possível que o futuro estudante já tenha ouvido a palavra energia muitas vezes, aplicada de forma incoerente do que se espera para a conceituação científica.

Para Ausubel, segundo Moreira (2006, p.2), “aquilo que o aprendiz já sabe é o mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem”, lançando bases para sua teoria da Aprendizagem significativa. Ou seja, Ausubel sugere que o aprendizado ocorre pela associação de novos significados a conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, seja, por exemplo, alterando tal conhecimento anterior, ampliando-o ou melhor caracterizando-o.

Assim a palavra “significativo” nas ideias de Ausubel para aprendizagem não quer dizer que o conteúdo é importante por si (pela sua notoriedade cultural) mas

que ele tem significado para aquele sujeito ao se associar a um conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do aprendiz.

Quando da primeira aprendizagem, quando nada existe para essa associação ocorrer, acontece o que Ausubel descreveu como “aprendizagem mecânica”. A aprendizagem mecânica não é algo pejorativo na visão de Ausubel, ela simplesmente descreve a situação em que o aprendiz toma contato com algo que nada representava de conhecimento cognitivo anterior.

Nota-se que, segundo a visão da aprendizagem significativa, o aprendiz tem um papel fundamental na construção de seu conhecimento, caracterizando essa teoria como construtivista. Além disso, motivo de nosso interesse, não estabelece sequências rígidas de aprendizagem e, mais importante, não considera como viável a mera transmissão de conhecimentos. No sentido proposto por Ausubel, todo o conhecimento do sujeito está a seu serviço na aprendizagem. Dessa maneira um conhecimento obtido pode colaborar para o aprendizado atual e futuro do aprendiz.

Dessa forma, consideramos que seria possível tratar sobre o conceito de Energia em diversas etapas do Ensino de Física no nível médio, mesmo antes do momento considerado clássico. No conteúdo de Mecânica, após ensinar as Leis de Newton.

Além disso, procuramos fugir da aula expositiva e teórica. Ao invés de a teoria já ser fornecida pronta para aos alunos, esta será construída por meio de questionamentos e de observações dos alunos perante os experimentos demonstrados pelo professor e também realizados pelos alunos.

Devemos ressaltar que não é o intuito deste trabalho condenar o método tradicional de ensino, pelo contrário, ele também é necessário. Esta aula, seja como introdução ou como aprofundamento do tema, parte do pressuposto que entender o fenômeno não se reduz ao domínio do formalismo matemático.

Procuramos fugir com isso do que Robilotta chamou de um cenário “cinzento” onde alunos aparentam não ter motivação para aprender, mesmo que isto não corresponda com suas expectativas internas (ROBILOTTA, 1988).

E, além disso, a análise dos experimentos sob o viés da Energia destaca ao estudante essa importante grandeza física, cuja ideia de conservação e transferência constitui uma das bases do conhecimento físico da natureza, havendo a “evidente necessidade de introduzi-lo desde os primeiros anos de ensino secundário obrigatório” (ASSIS e TEIXEIRA, 2003, p.41).

### ***Investigando possibilidades***

Durante o desenvolvimento dos trabalhos em PEF e no PIBID acabamos escolhendo conjuntos experimentais para propor projetos de aula em torno do tema “Energia”.

Um experimento de baixo custo chamado *looping*, barato o suficiente para que pudessem ser feitos em quantidade para todos os alunos. O *Looping* de copinhos de café é um experimento de baixo custo sugerido por RAMOS e FERREIRA (1998) que pode ser reproduzido facilmente em qualquer ambiente escolar. Entendemos que o manuseio e a construção de um experimento simples como o *looping* podem se constituir oportunidade lúdica relevante e motivadora para refletir sobre conceitos de Física que muitas vezes não são claros para os alunos (RAMOS, 1998).

Um *looping* pertencente à escola, o qual poderíamos tratar das transformações de energia no movimento de uma esfera e por último um kit formado por uma placa solar e itens que envolvem diversas transformações de Energia.

Os experimentos pertencentes a escola fazem parte dos kits de laboratório produzidos pela empresa Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa (CIDEPE), que foram entregues no ano de 2014 às escolas de tempo integral pelo Governo do Estado de São Paulo.

#### ***Kit de experimentos com placa solar***

O kit de experimentos com Painel Solar é composto por uma placa solar com fonte geradora de luz própria (lâmpadas incandescentes), placa com disco de Newton e multímetros, um disco de Newton motorizado, um carrinho motorizado, uma bateria e cabos elétricos.

Podem-se realizar três demonstrações com este experimento: Movimento do carrinho motorizado, funcionamento do disco de Newton e voltagem/amperagem do disco de Newton.

A demonstração do movimento do carrinho motorizado envolve o conceito de transformação de Energia Solar em Energia Elétrica. O Sol (ou a luz artificial) incide no painel solar fornecendo Energia Luminosa, a qual provoca um processo físico-químico na placa de silício liberando elétrons (Energia Elétrica) permitindo o movimento do carrinho. Quando invertemos na bateria os cabos que estão

conectados ao carrinho, ou seja, a polaridade do circuito, alteramos o sentido da corrente e com isso fazemos que o carrinho se mova no sentido contrário.

A placa solar ligada ao disco de Newton é um experimento que também envolve o conceito de transformação de energia, no caso Energia Luminosa em Energia Elétrica, de forma análoga ao que ocorre no experimento anterior do carrinho só que ao invés do disco se mover ele rotaciona. Quando estudamos o disco de Newton acoplado ao painel metálico no qual estão posicionados os dois multímetros (um operando como voltímetro e o outro como amperímetro) podemos mostrar aos alunos o quanto de tensão e o quanto de corrente está sendo fornecida ao experimento. Se variarmos a posição da fonte geradora de luz do experimento podemos verificar variação nos valores indicados no amperímetro e voltímetro e isto pode ser utilizado como instrumento de discussão aos alunos para chegar ao entendimento do porque isto ocorre.



Figura 16. Placa solar com carrinho motorizado.



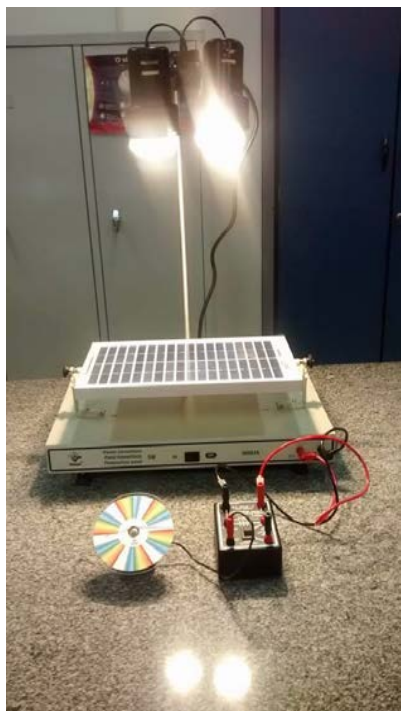


Figura 17 - Placa solar com disco de Newton.

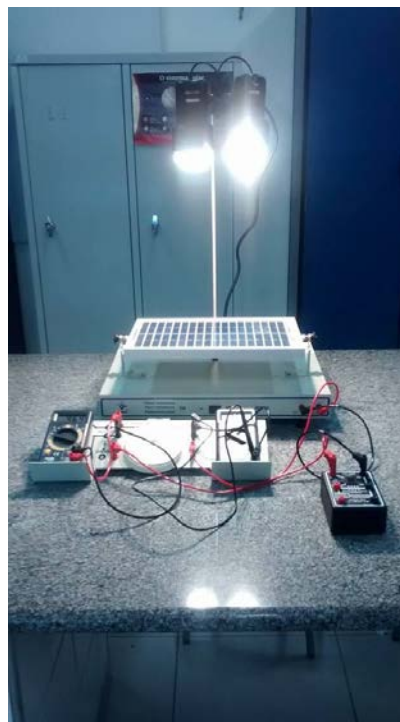


Figura 18 - Placa solar com disco de Newton acoplada a multímetros.

### *Looping*

O experimento do *Looping* pode ser utilizado para explicar os conceitos de Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional e também o conceito de Conservação da Energia Mecânica.



Figura 19- *Looping* utilizado na escola Marciano de Toledo Piza.

Quando posicionamos e seguramos a bolinha no ponto mais alto do *looping* esta possui Energia Potencial Gravitacional máxima em relação ao solo. No instante em que a abandonamos, a Energia Potencial vai se transformando gradativamente

em Energia Cinética enquanto a bolinha percorre o percurso, até o momento em que a bolinha chega ao final da trajetória e a Energia Potencial Gravitacional é transformada totalmente em Energia Cinética, tendo assim a Conservação da Energia Mecânica.

#### 5.1.4 *Looping* de copinhos de café

O *looping* de copinhos de café, (RAMOS e FERREIRA, 1998), é um experimento que a priori não aparenta ser um *looping* e muito menos que pode ser um experimento estudado sob o viés da Energia.



Figura 20 - *Looping* de copinhos de café.

Sua finalidade sugerida por Ferreira e Ramos (1998) é de ser um experimento voltado para o ensino do *Efeito Magnus*, um tema complexo de Mecânica dos Flúidos e que não costuma ser abordado nas escolas. Entretanto por suas características lúdicas o experimento consegue ser facilmente explicado pelo efeito que produz, possibilitando assim sua aplicação na educação básica.

Decidimos estudar este experimento com um enfoque diferente, sob o ponto de vista de Energia, e analisarmos o efeito da aplicação deste experimento, estudado agora por meio deste enfoque, na educação básica.

Os conceitos de energia presentes neste experimento são Energia Potencial Gravitacional quando o *looping* encontra-se suspenso no ar por uma das mãos do lançador; Energia Potencial Elástica quando o elástico é envolto no aparato experimental; Transformação de Energia Potencial Elástica em Energia Cinética, Conservação da Energia Mecânica.

O *looping* é composto por dois copinhos descartáveis de café unidos pela base, uma tesoura, um elástico e uma fita adesiva. São materiais de baixo custo e

de fácil aquisição que permitem assim que cada aluno possa construir seu próprio experimento.

Este experimento acabou se tornando um grande destaque deste trabalho, apresentando resultados mais satisfatórios até do que os outros experimentos que foram utilizados (muito mais elaborados e caros).

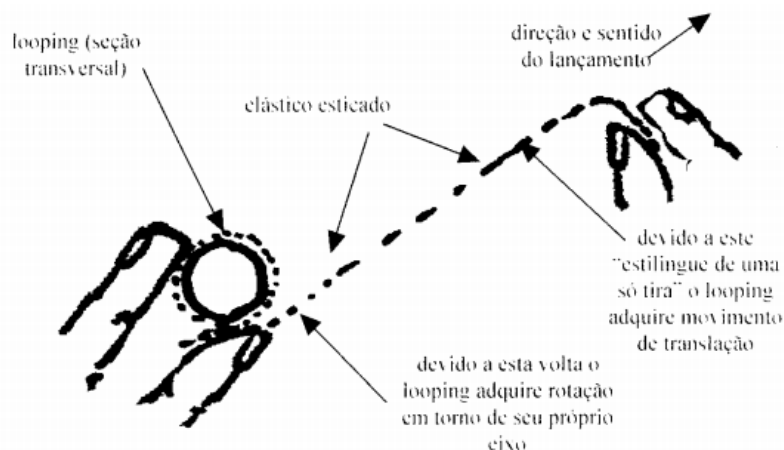


Figura 21 - Esquema de lançamento do *looping* de copinhos de café.

Creio que o diferencial desta proposta seja esta, aprender brincando, ver Energia onde não é claro que ela exista. Segundo Ramos (1990, p.20):

Se estas atividades produzirão os desequilíbrios necessários à aprendizagem, é um fato para qual o professor (ou orientador) deve estar atento aos seus indícios visíveis, tais como surpresa, o interesse, o envolvimento e a reflexão. Consideramos, porém, que a diversidade do material poderá proporcionar oportunidades de acesso através do raciocínio e da brincadeira.

### **Memória das aulas de Física sob o viés da Energia**

O cronograma abaixo foi planejado para as atividades serem executadas em duas aulas de 50 minutos cada, sendo a primeira aula a execução dos experimentos e a segunda aula recursos de mídia e revisão sobre o tema.

As aulas foram ministradas no segundo semestre de 2014, na escola de tempo integral Marciano de Toledo Piza localizada no município de Rio Claro - SP, nas três turmas de primeiro ano do ensino médio que a escola possui, com aproximadamente 40 alunos cada.

As aulas ministradas foram as aulas de laboratório de Física, sendo que as aulas teóricas sobre o tema Energia já haviam sido ministradas pela professora responsável pela disciplina no primeiro semestre de 2014.

<b>CRONOGRAMA</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DA AULA</b>
Primeira aula	Entrega/leitura do roteiro da atividade a ser desenvolvida em sala de aula com os alunos. Desenvolvimento da atividade experimental: - Kit de experimentos com painel solar - <i>Looping</i> - Construção e demonstração do experimento <i>Looping</i> de copinhos de café. - Campeonato de lançamento de <i>looping's</i> de café.
Segunda aula	- Recursos de mídia - Revisão sobre o tema

Entreguei um roteiro da atividade a ser realizada em sala de aula para os alunos, por sugestão da professora responsável pela disciplina, para estes terem um material de consulta depois que a atividade for realizada. O roteiro pode conter as seguintes características:

- Tema que irá ser abordado (Energia)
- Contexto histórico referente ao tema
- Relacionar o tema ao cotidiano dos alunos
- Como será abordado (quais experimentos serão utilizados)
- Foto dos experimentos que serão utilizados
- Questionário
- Referências utilizadas e referências adicionais para objeto de consulta dos alunos

Li o roteiro com os alunos para esclarecer eventuais dúvidas de interpretação que poderiam surgir durante a atividade a ser realizada.

Tomei bastante cuidado para não fornecer os conteúdos prontos aos alunos, mas sim propor perguntas que possibilitassem desequilíbrios cognitivos<sup>2</sup>, que pudessem auxiliar a construção do conhecimento dos alunos perante o tema.

---

<sup>2</sup> Esta proposta de aula tem sua base na Teoria Construtivista de Jean Piaget. Esta teoria de ensino propõe que o aluno participe ativamente do aprendizado, mediante a experimentação, a pesquisa em grupo, ao questionamento gerado por uma pergunta feita pelo professor, entre outros. O conhecimento não é dado pronto ao aluno, o aluno constrói o conhecimento.

Exemplos de perguntas que fiz aos alunos:

- Por que este fenômeno ocorre? Como?
- Se retirarmos algum dos componentes do experimento o fenômeno também ocorrerá?
- Podemos presenciar este fenômeno em nosso cotidiano? Onde?

Após debater com os alunos sobre os fenômenos que ocorrem no experimento e permitir que estes tentassem construir seu próprio conhecimento.

Como fechamento da atividade, forneci aos alunos a explicação sobre o tema relacionando com o conhecimento ali discutido.

Utilizei situações do cotidiano para explicar conceitos de Física, como Energia no caso, pode ser muito útil para contextualizar o tema. A maioria das crianças e adolescentes já ouviu falar de parque de diversões alguma vez durante a vida e mesmo que não tenha tido a possibilidade de ir pessoalmente a um parque sabem do que se trata. Os parques de diversões são perfeitos para estudar o tema Energia!

No experimento do *looping* de copinhos de café permiti que os alunos brinquem com o experimento. Até realizamos um campeonato de lançamento de *looping* à distância, proporcionando um momento de descontração durante a aula, em que os estudantes podiam aumentar o domínio sobre o experimento estudado.

Deixei como tarefa um questionário aos alunos para ser respondido em casa. As questões foram:

- O que é Energia para você?
- Qual experimento você mais gostou? Por quê? Explique o funcionamento do ponto de vista de Energia deste experimento.
- É possível estudar Energia em parques de diversões? Dê exemplos.

Na segunda aula seguinte ao trabalho com os experimentos iniciei com apresentação em PowerPoint, vídeos e sites sobre o tema com o intuito de possibilitar uma nova visão dos alunos sobre o tema.

O canal *Discovery Channel* possui uma série denominada “Como é Possível?” e em um dos episódios desta série é mostrado como se faz painel solar e como ele é utilizado em alguns lugares no mundo.

A revisão dos conteúdos aprendidos em sala de aula na aula seguinte à aplicação dos experimentos, teve o intuito de voltar aos conteúdos estudados e de esclarecer eventuais dúvidas dos alunos.

Iniciar o estudo de um conceito e mais, de entender o fenômeno físico, sem se limitar ao domínio do formalismo matemático. Muitas vezes na Física o formalismo matemático recebe mais importância do que o fenômeno físico que realmente acontece. Muitos alunos do Ensino Médio entendem que Física se resume a memorização de fórmulas e esta visão é extremamente errada.

As fórmulas são importantes sim, mas não precisamos começar um assunto diretamente por elas. Um experimento muitas vezes pode despertar o lúdico, o interesse daquele aluno que se sentia desmotivado em aprender aquela disciplina, pois a disciplina não era próxima à realidade dele.

### *Algumas reflexões sobre a proposta de aula realizada*

A proposta seguiu o roteiro e o cronograma proposto no capítulo anterior, sendo a primeira aula em uma semana e a segunda aula na semana seguinte devido à disponibilidade de horário da escola.

O tema Energia havia sido abordado no semestre anterior com as turmas pela professora responsável pela disciplina seguindo os moldes tradicionais de ensino, calcados na exposição de teoria na lousa e resolução de exercícios.

Esta proposta, no âmbito desta escola, teve como objetivo expor aos alunos uma nova forma de se aprender o conceito de Energia, enxergar os fenômenos que estavam acontecendo nos experimentos, tentando identificar quais tipos de energia estavam envolvidos e suas transformações.

Em todos os experimentos realizados tive a possibilidade de observar a dificuldade dos alunos em relacionar a teoria aprendida com o fenômeno que estava ocorrendo. Muitos alunos não se lembravam dos tipos de energia que haviam aprendido ou o que cada tipo de energia correspondia.

Esta dificuldade dos alunos em se apropriarem do conceito e saber enxergá-lo na sua realidade é muito comum na Física. Segundo Robilotta (1988, p.7):

Muitas vezes, os estudantes estudam, aprendem, mas parecem não saber Física. Essa sensação aparece com frequência durante as nossas atividades relacionadas ao ensino de Física. É comum que mesmo alunos inteligentes e dedicados terminem os cursos com a impressão de que as longas horas de trabalho e todo o esforço empregado no estudo não são recompensados com alguma forma sólida de conhecimento. Parece que os cursos não fornecem aos estudantes a capacidade de andarem com as próprias pernas, de terem independência. Eles podem aprender a enfrentar os problemas e as situações que foram abordadas durante as aulas, mas ficam

completamente sem iniciativa quando colocados frente a problemas novos. O conhecimento discutido no quadro negro não se ajusta ao mundo em que o estudante vive, ele não se enquadra na vida real. O ensino não parece levar os estudantes a serem proprietários do conhecimento. É como se, depois de muito estudo, esses alunos fossem não mais do que portadores de um saber cujos donos seriam os professores, os livros ou a escola.

O experimento do *looping* de copinhos de café foi o experimento que causou maior surpresa aos alunos e também o experimento que mais fez sucesso entre eles. Um experimento de baixo custo, com materiais presentes no nosso dia-a-dia, se sobressaiu em relação aos experimentos caros, industrializados e muito mais elaborados que a escola possuía. Este fato aconteceu em minha opinião devido ao acesso lúdico que esse experimento se propõe a ser. A possibilidade de cada aluno ter seu próprio *looping* de copinhos de café devido a este experimento ser composto por materiais de baixo custo, de fácil acesso, de fácil aquisição e de ser um experimento de fácil construção, fez com que os alunos ficassem encantados com o experimento, motivou-os a tentar lançar o *looping* e principalmente despertou-lhes a curiosidade em aprender. Os alunos questionaram o porquê de o *looping* realizar a trajetória em formato da letra "l", se algo fosse modificado na construção do *looping* se ele realizaria a mesma trajetória e também aproveitaram para testar novas possibilidades de construção do *looping* e de lançamento.

Além disso, muitos não acreditarem que itens tão simples presentes em nosso dia-a-dia juntos em um aparato que não apresenta um formato de um *looping* conseguiria realizar esta trajetória.

No mês anterior à aplicação desta proposta de aula, os alunos dos primeiros anos do ensino médio realizaram uma viagem a um parque de diversões com a supervisão da professora de Física. Não tive a possibilidade de acompanhá-los nesta viagem, mas aproveitei desta para utilizar o parque de diversões como assunto motivador para mostrar aos alunos que todos os brinquedos podem ser estudados sob o viés da energia.

A última aula introduziu os recursos de mídia para ensino de Energia e permitiu aos alunos reverem os conceitos aprendidos e os fenômenos que estavam presentes nos experimentos abordados na aula anterior.

Creio que proporcionar ao aluno a possibilidade de entender a Física, enxergar o fenômeno, poder interagir com experimentos como no caso desta

proposta de aula, para depois aprender o formalismo matemático e teórico pode tornar a aprendizagem mais clara e interessante. Segundo Robilotta (1988, p.17):

[...]Essa Física excessivamente lógica, cristalina e límpida é precisamente falsa: ao identificarmos o processo ao produto, estamos afastando dela os estudantes. A apologia da lógica torna a ciência sobre-humana aos olhos dos estudantes, superior às possibilidades dos mortais.

A proposta foi desenvolvida para proporcionar ao aluno ser protagonista do processo de aprendizagem. Mas, nos experimentos que a escola dispunha, o aluno teve de assumir, infelizmente, o papel de observador, devido a serem experimentos extremamente caros e que exigiam cuidado de manuseio devido a sua fragilidade.

O aluno pôde assumir o papel de protagonista quando construiu o *looping*, o momento era do aluno de aprender, de criar, ele tinha seu próprio experimento em mãos, podia testá-lo, lançá-lo como quisesse. É surpreendente como um experimento com materiais tão simples causaria um impacto tão positivo quando estudado do ponto de vista de Energia.

No experimento da Placa Solar o aluno teve a possibilidade de observar a transformação da Energia de Radiação em energia elétrica, fazendo com que o disco de Newton e o carrinho funcionassem. No experimento do *Looping* foram trabalhados os conceitos de Energia Potencial Gravitacional e Cinética e no experimento do *Looping* de copinhos de café foram trabalhados os conceitos de Energia Potencial Gravitacional, Cinética e Elástica e suas transformações.



## 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Energia, por mais que este tema seja de extrema importância na Física, ainda apresenta muitas falhas em nosso país. Quase sempre este conteúdo é associado a parte de Mecânica, raramente vemos abordagens relacionadas à Física Moderna, Elétrica, Termodinâmica.

Os livros didáticos, principal material de apoio dos alunos que compõem a rede pública de nosso país, falham na abordagem sobre o tema Energia, tornando-o um tema marginal e de pouca importância. A explicação deste conceito, que é de extrema importância e complexidade, é pouco explorada e em sua maioria associada a Mecânica, em alguns livros há menção sobre Energia em outras áreas da Física mas isto não é explorado.

As aulas sobre Energia, bem como de outros assuntos da Física, são calcadas tradicionalmente na exposição da teoria na lousa e na resolução de exercícios, raramente vemos abordagens experimentais ou com recursos de mídia.

Neste trabalho, por meio do uso de experimentos que a escola possuía e com a construção de um experimento de baixo custo, os alunos tiveram a possibilidade de visualizar as transformações de energia e entender quais tipos de energia estavam envolvidos em cada processo envolvido nos experimentos.

Quanto a sua aplicação na escola Marciano de Toledo Piza, posso relatar que o experimento que obteve mais sucesso entre os alunos foi o *looping* de copinhos de café. Este experimento (de fácil aquisição, reprodução e construção) por ser desenvolvido com materiais de baixo custo, permite aos alunos que cada um tenha a possibilidade de construir seu próprio experimento, de ter uma interação maior com o material, de testar novas possibilidades. Acho que grande parte deste sucesso decorreu aos motivos citados anteriormente e também ao *looping* não parecer, a priori, um *looping* mesmo. A surpresa e alegria dos alunos foi mais evidente neste experimento do que nos outros propostos nesta aula.

Pude observar que a aula teórica, tradicional, calcada na exposição da teoria, não foi o suficiente para proporcionar o aprendizado do conceito de Energia aos alunos. Foi evidente a consequência disto nas aulas experimentais, pois a maioria dos alunos se quer sabiam a definição mais simplificada do conceito de Energia para Física, que é a capacidade de um corpo de realizar trabalho, nem lembravam as

fórmulas que descreviam matematicamente cada tipo de energia e muito menos conseguiam identificar os tipos de energia envolvidos nos processos dos experimentos.

Acredito na possibilidade de levar o enfoque de Energia a diversos experimentos, até mesmo aos que não são voltados propriamente para isto, como no caso do *Looping* de copinhos de café. Energia é um tema muito amplo e diversificado e está presente em tudo ao nosso redor, por isso a experimentação é muito válida no ensino deste tema.

Tive dificuldades a princípio em estudar o *Looping* de copinhos de café do ponto de vista de Energia. Primeiramente, pois ele era um experimento voltado para outro assunto de Física que é o *Efeito Magnus* e não havia sido feita uma abordagem sobre o aspecto energético deste experimento anteriormente, o que me causou certo estranhamento. Mas quando aprendi a lançar o experimento (depois de umas 20 tentativas este feito tornou-se possível) e visualizar os conceitos que estavam envolvidos, pude observar o quão especial e importante este experimento é. Digo isto com convicção porque este experimento é demasiadamente simples, construído com materiais presentes em nosso dia-a-dia, capaz de causar surpresa a quem entrar em contato com ele, visto que não possui explicitamente a finalidade de que é voltado para o ensino de Energia e sua forma não se assemelha a um *looping* de forma clara, e principalmente por englobar vários tipos de Energia em seu funcionamento.

Confesso que a definição do conceito de Energia e sua conservação era algo muito difícil de ser entendido no início deste trabalho e ainda é (até Feynman ressaltou a dificuldade em entender este tema). Para mim este conceito se resumia inicialmente a capacidade de um corpo de realizar trabalho, mas pude ver sua dimensão e complexidade ao longo deste trabalho e acredito que este conceito se tornou um pouco mais claro à medida que fui pesquisando sobre o tema e principalmente lecionando nas escolas e interagindo com os experimentos.

Este trabalho foi extremamente importante em minha formação e muito gratificante de ser realizado. Tenho certo apreço pelo tema Energia, que se desenvolveu a partir de uma aula lecionada a alunos da pré-escola na escola municipal Monsenhor Martins. Levei aos alunos desta escola um livrinho de histórias desenvolvido por mim que contava a história de uma menina aventureira que ia conhecendo um pouco sobre diversas fontes de energia e como experimentação

levei aos alunos um cata-vento construído com materiais de baixo custo para elucidar o conceito de Energia Eólica.

Pude observar a surpresa e alegria dos alunos em aprender este tema e isto acabou sendo a motivação para a escolha do tema de estudo deste trabalho. Por que não estudar esse tema também no ensino médio e levar experimentos que facilitem o entendimento e despertem o interesse e a vontade de aprender a eles também?

No futuro, que está relativamente próximo, pretendo utilizar de experimentos em minhas aulas. Minha experiência como estudante da Educação Básica foi somente com aulas tradicionais, onde muitos conceitos eram difíceis de ser entendidos, pois eu possuía dificuldade em imaginar os fenômenos que estavam acontecendo. Existem experimentos tão simples, de baixo custo, fáceis de serem adquiridos e construídos, que podem ser facilmente reproduzidos em sala de aula que quando realizados de maneira adequada e planejada pode proporcionar um meio de os alunos entenderem de forma mais fácil um determinado conceito.

Creio que esta abordagem da forma que ocorreu na escola Marciano de Toledo Piza foi válida, tanto para apontar onde estavam às falhas de aprendizagem do formalismo teórico e matemático previamente lecionado como também para mostrar aos alunos o fenômeno físico, a transformação de energia, o que não é possível de ser visualizado nas aulas tradicionais.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T. DE; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 25, 2, 176-194, 2003.

BRASIL. ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil** / Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília : ANEEL, 2002.

BRASIL, MEC, SEF, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**, Brasília: MEC/SEF, 1998.

BOFF, J. ; JORGE, L. S. ; MACEDO, L. C.; SEREJO, R.; PINTO, W. T.; FONSECA, W. S. Demonstração experimental do Efeito Magnus utilizando material de baixo custo. **XL Congresso Brasileiro de Educação e Engenharia (COBENGE)**, 2012, Bélem - PA.

CHIQUETTO, M. ; VALENTIM, B. ; PAGLIARI, E. **Aprendendo Física 1**. São Paulo : Scipione, 1996.

FALCÃO, V. D. **Fabricação de Células Solares de CdS/CdTe**. Dissertação de Mestrado. ITA (Instituto Militar de Engenharia). Rio de Janeiro. 2005.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. Editora Paz e Terra, 25ª Edição, 2002.

GASPAR, Alberto. Física, v. único. São Paulo: Ática, 2004.

GOLBEMBERG, José. **Energia e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Blucher, 2010.

JACQUES, V.; ALVES FILHO, J. P.. O conceito de energia: Os livros didáticos e as concepções alternativas. Anais do **Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 11., 2008, p.1 – 12., Curitiba - PR.

MACEDO, H. **Dicionário de Física Ilustrado**. Editora Nova Fronteira, 1976.

MEGID NETO, J.; PACHECO, D. Pesquisas sobre o ensino de Física no nível médio no Brasil: concepção e tratamento de problemas em teses e dissertações. In: NARDI, R. (Org.). **Pesquisas em Ensino de Física**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica**. 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisaocritica.pdf>. Acesso em 13 jun. 2014.

OLIVEIRA, P.M.C. de; DECHOUM, K.. Facilitando a compreensão da segunda lei da termodinâmica. **Rev. Bras. Ensino Fis.**, São Paulo , v. 25, n. 4, Dec. 2003.

PEREIRA, A. K. S. ; FORATO, T. C. M. A história e filosofia da ciência na educação científica: a conservação da energia e o desenvolvimento da termodinâmica. In: I CIEC, VIII ENPEC, 2011, Campinas. **Atas do VIII ENPEC e I CIEC**. Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2011. v. único. P.1-9.

PÉREZ LANDAZÁBAL, M.C.; FAVIERES, A.; MANRIQUE, M.J. e VARELA, P. (1995) La energía como núcleo en el diseño curricular de la Física. **Enseñanza de las Ciencias** 13 (1), 55- 65.

PIMENTEL, J. R. Livros didáticos de ciências: a física e alguns problemas. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v.1, n.3, p.308 – 318, ago. 2006.

RAMOS, E. M. de F. **Brinquedos e jogos no ensino de Física**. Dissertação de mestrado. USP (Instituto de Física e Faculdade de Educação). São Paulo. 1990.

RAMOS, E. M. de F.; FERREIRA, N. C. **Brinquedos e jogos no ensino de física**. In: Roberto Nardi. (Org.) Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: Escrituras, 1998, p.105 – 125.

ROBILOTTA, M. R.. O cinza, o branco e o preto: da relevância da história da ciência no ensino da física. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, Florianópolis, n. 5, p.7 - 22, jun. 1988.

SÃO PAULO, Governo do Estado. **CADERNO DO ALUNO**. FÍSICA, Ensino Médio, 1ª Série, Volume 1, 2014.

SÃO PAULO, Governo do Estado. **CADERNO DO PROFESSOR**. FÍSICA, Ensino Médio, 1ª Série, Volume 1, 2014.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.