

**Elementos de reflexão sobre o conceito de  
energia para o professor de ciências  
no Ensino Fundamental**

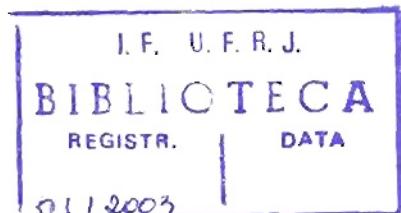
Erica Silvani Souza

Orientadora: Professora Susana de Souza Barros

Co-orientador: Professor João José F. Sousa

Julho de 2003

01/2003



## Sumário

### **1 – Introdução**

### **2 – Referencial Psico-Didático**

- 2.1 – Por que trabalhar o conceito energia no final do ensino fundamental
- 2.2 – A formação de um conceito e o construtivismo
- 2.3 – As Dificuldades na aprendizagem do conceito energia e existência de estruturas pré-existentes

### **3 – O Conceito de Energia no Ensino Escolar**

- 3.1 – Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)
- 3.2 – O livro texto adotado no ensino fundamental
- 3.3 – Considerações sobre o ensino de energia

### **4 – O Conceito de Energia na História da Física**

- 4.1 – A origem da energia
- 4.2 – Evolução histórica do conceito de energia

### **5 – Fenômenos associados às diversas formas de energia na natureza**

### **6 – Proposta metodológica**

- 6.1 – Para qual Professor esta proposta se dirige
- 6.2 – Planejamento de aula
- 6.3 – Recursos Didáticos
- 6.4 – Propriedades da energia

### **7 – Considerações Finais**

### **Apêndices**

- I - “Dênis, o Pimentinha” e a conservação de energia**
- II - A descoberta da equivalência entre calor e energia mecânica**
- III - Planos de Aulas**
- IV – Classificação dos conceitos pré-existentes**
- V – Organizador Prévio 1: Dramatização**
- VI – Organizador Prévio 2: Painéis**
- VII – Conservação de Energia na Terra**

### **Bibliografia**

## 1 - INTRODUÇÃO

Ao longo da vida escolar, o aluno do ensino fundamental e do ensino médio se depara com uma grade curricular de disciplinas básicas e complementares para a sua formação. A disciplina de ciência está presente nas salas de aula do mundo inteiro. No Brasil, para o ensino das ciências naturais, os Parâmetros Curriculares Nacionais propõem conhecimentos em função de sua importância social, do seu significado para os alunos, e de sua relevância científico-tecnológica, organizando-os nos eixos temáticos "vida e ambiente, ser humano e saúde, tecnologia e sociedade, e terra e universo". A disciplina de Ciências estuda os fenômenos da natureza, do universo, descreve o funcionamento do corpo humano, assim como a sua evolução, classifica os animais, busca respostas para o desconhecido, e explica fatos do cotidiano.

O desenvolvimento deste trabalho partiu da idéia de encontrar uma maneira de direcionar o pensamento do aluno de forma que ele adquira um raciocínio científico sobre diversos conceitos a serem estudadas. Uma abordagem deste tipo poderia ser demasiado afirmativa caso fosse introduzida nas séries iniciais. Entretanto, a proposta é dirigida às duas últimas séries do ensino fundamental, levando-se em conta que normalmente a maioria das escolas introduz a Física como disciplina curricular somente a partir do ensino médio. Como o objetivo final deste trabalho visa aprimorar o ensino de física, é sugerido que a introdução de importantes conceitos seja feita antes de iniciar o ensino mais formal desta disciplina. De forma específica, o estudo do conceito de energia serve como ferramenta para melhorar a compreensão dos fenômenos físicos da natureza. O tema energia abrange muitos aspectos da física e, também, de outras áreas de estudos científicos como, por exemplo, na química ao

estudar estrutura atômica ou em biologia no funcionamento do corpo humano. Fazendo uma análise de diversos livros didáticos, pode ser visto que o tema da energia é apresentado sem interligação, o que pode ser um fator que facilita o ensino porém dificulta a aprendizagem.

Os estudos de epistemologia genética coordenados por Jean Piaget, foram utilizados como base teórica para se entender melhor como as crianças constroem o conhecimento físico do mundo que as cerca. Esses trabalhos não só podem ajudar a compreender melhor como os alunos pensam, como também fornecem bases para entender suas dificuldades.

Neste trabalho, procurou-se estudar como o tema energia é tratado em sala de aula, entender quais dificuldades o aluno tem na aprendizagem do tema, buscar um material didático que facilite a compreensão baseando-se nas estruturas existentes e em estruturas investigativas, tentar levar um raciocínio organizado e mostrar que o tema energia está relacionado com uma variedade de tópicos a serem estudados no ensino médio.

## 2 - REFERENCIAL PSICO-DIDÁTICO

### 2.1 - POR QUE TRABALHAR O CONCEITO ENERGIA NO FINAL DO ENSINO FUNDAMENTAL.

Este trabalho procura um modo de mostrar para o aluno do ensino fundamental as diversas maneiras em que a energia se apresenta na natureza, e principalmente, estabelecer as relações entre elas. Sabe-se que energia não pode ser criada nem destruída. A energia existente no universo é uma constante (Sagan, 1989). É sempre transformada, ou consumida gerando outras formas de energia. Foi preciso a passagem de séculos e o trabalho de muitos cientistas para compreender este conceito. Entretanto, uma vez estabelecida a teoria, é difícil imaginar o mundo de outra forma diferente desta. No entanto, os conhecimentos relacionadas a qualquer assunto que aborde temas ligados a conservações ou transformações são muito problemáticos no ensino. Cada indivíduo tem sua hora, seu tempo, sua velocidade, e nos estudos da "teoria dos estágios" formulados por Piaget, existe uma explicação de como o pensamento do aluno pode ser organizado (Piaget, 1977). Seria totalmente impossível introduzir abstrações que cercam o conceito de energia, a um aluno que ainda não atingiu uma "maturidade" intelectual suficiente para assimilar este conhecimento.

As idéias de Jean Piaget, quanto ao desenvolvimento do raciocínio do indivíduo, possuem grande influência na educação. A expressão "epistemologia genética" é utilizada para designar seus estudos sobre o desenvolvimento do raciocínio em seres humanos e, através de pesquisas, elabora uma teoria para a gênese do conhecimento. Suas pesquisas são realizadas em indivíduos de idades diversificadas e sempre fazendo com que o sujeito interaja

com objetos do mundo concreto, ou seja, estudando a ação do sujeito sobre objeto. Observa as conclusões do sujeito sobre a situação apresentada, e estabelece uma classificação, um nível de raciocínio para o indivíduo. “O mais curioso é que feitas inúmeras experiências com inúmeras sociedades diferentes (como na África, na América do Norte, na Ásia, etc), constatou-se que há sempre uma sucessão de idéias. É claro que existe uma margem de erro se compararmos um grupo de crianças do campo ou da montanha com crianças urbanas e escolarizadas” ( *Piaget, 1977* ).

### Estágios propostos por Piaget

De acordo com a teoria dos estágios descritas por Jean Piaget, as crianças de todo o mundo passam por uma série de etapas seqüenciais de desenvolvimento intelectual, que se iniciam ao nascimento com o estágio *sensório-motor*, depois seguem com o período *pré operatório* que prepara o período das *operações concretas* até chegar, finalmente, ao período das *operações formais*, ou também chamado operatório abstrato, que se inicia na fase da adolescência. Desta forma Piaget descreve a evolução e as transformações da criança, ordenando concatenadamente o desenvolvimento do raciocínio do nascimento a adolescência.

- **Sensório-Motor:** estende-se do nascimento ao aparecimento da linguagem.

*Marcado pelos dois primeiros anos de vida, essencialmente prático, revela-se um bebé descobrindo-se sujeito autônomo em meio a um mundo organizado de objetos situados no espaço e no tempo. (Colinvaux, 1993).*

Nesta fase o indivíduo começa a ser capaz de possuir hábitos próprios como, por exemplo, chupar o dedo, e de observar e responder a um determinado tipo de estímulo como sorrir ou chorar para uma determinada pessoa ou objeto.

**-Pré-Operatório:** Vivem em uma realidade que do ponto de vista adulto, muitas vezes parcial e incompleta: priorizam-se certos aspectos sem considerar relações e interações, assumindo-se uma perspectiva centrada sobre si mesmo sem considerar outros pontos de vista. Nesta fase surgem certas capacidades como a de distinguir o significante do significado como, por exemplo, a palavra gato do animal, e de organizações representativas como, por exemplo, colecionar figurinhas.

**- Operatório-Concreto:** Neste período o indivíduo apresenta uma grande lógica na maneira de pensar.

*Não se atem as aparências nem o aqui-e-agora, mas levam em consideração os múltiplos aspectos de uma situação, o que lhes possibilita raciocinar de uma forma cada vez mais organizada e sistemática (Colinvaux, 1993).*

O indivíduo durante esta fase se desenvolverá, sendo capaz de classificar, fazer associações, correspondências termo a termo, as correspondências simples ou seriais, as operações multiplicativas, matrizes, etc. Será capaz de lidar com grupos aditivos, multiplicativos o número inteiro e fracionário.

**- O Período das Operações Formais:** A partir dos 12 anos. É o estágio mais desenvolvido, dentro da trajetória intelectual em direção aos pensamentos adultos.

*Caracterizados pelo pensamento hipotético-dedutivo o aluno que atingir esta fase opera com um universo abstrato em que a realidade é a realização material de uma entre as inúmeras possibilidades pensadas e elaboradas de acordo com uma lógica rigorosa (Colinvaux, 1993).*

Neste estágio, o aluno raciocina como os cientistas cujos sistemas teóricos se caracterizam pela sua coerência, o que significa a eliminação de todo tipo de contradição, uma organização lógica interna impecável e um acordo sistemático com a experiência.

É importante lembrar que este trabalho é dirigido a alunos no início desta fase. O currículo escolar foi elaborado (PCN) desde a alfabetização respeitando a capacidade de compreensão de cada idade. À medida que os anos passam, o aluno passa a compreender estruturas mais complexas e novas disciplinas são introduzidas. Seria complicado tratar de

alguns assuntos sem que o aluno tivesse noção de espaço, tempo, etc. Não é por acaso que certos conceitos serão introduzidos no ensino médio, quando o aluno em média alcançou a maturidade necessária para compreender certas questões. Antes deste tempo, seria totalmente inútil a compreensão de alguns aspectos da física para este. Caso o aluno, desde o inicio da escolarização tenha uma motivação nas aulas de ciências, à medida que os assuntos forem surgindo, este terá em suas estruturas elementos que facilitem o processo de assimilação e acomodação das novas estruturas.

Na fase operatória concreta, o aluno está passando por uma série de transformações mentais relativamente rápidas. Segundo Piaget, e baseado nos estudos de Inhelder sobre o raciocínio indutivo, diversos experimentos realizados em indivíduos de várias faixas etárias levaram a conclusão de que é a partir de aproximadamente 12 anos que surgem no indivíduo a capacidade de realização de operações combinatórias (Piaget, 1977). Antes deste momento só faziam parte da compreensão: encaixe simples de conjuntos, e as operações elementares: soma, subtração, multiplicação e divisão. Neste mesmo nível aparecem o raciocínio das proporções, a capacidade de raciocinar e de se representar, segundo sistemas de referências, é compreendido estruturas de equilíbrio mecânico, assim como entendimento de conservação de volume e outras grandezas, etc.

## 2.2 – A FORMAÇÃO DE UM CONCEITO E O CONSTRUTIVISMO

A teoria dos estágios trata precisamente do aparecimento progressivo de modos diferentes de raciocinar e compreender o mundo. *É freqüentemente interpretada nos meios escolares em termos de “prontidão” (Colinvaux, 1993).* Da teoria dos estágios decorre que, o que seria um erro para um adulto, não é necessariamente para uma criança. O mais importante, talvez, é que o erro aparece como uma etapa necessária do processo de construção do conhecimento; alguns dirão que trata-se de uma etapa natural uma vez que é parte integrante do desenvolvimento psicológico infantil.

Os estudos de Piaget oferecem uma análise minuciosa dos mecanismos psicológicos presentes na formação do conhecimento, em que o abstrato vem depois do concreto, sem que esta ordem possa ser invertida. Existe uma ação por parte do “sujeito do conhecimento”, envolvendo uma manipulação física de objetos concretos, e o manejo teórico de objetos abstratos, como idéias apresentadas em um texto ou discutidas em um debate. Para adquirir conhecimento o sujeito deve interagir com o objeto que deseja conhecer. Seja este um objeto concreto, um fenômeno físico, social, uma idéia, ou um conceito abstrato.

*Os processos de formação do conhecimento envolvem a razão tanto quanto a experiência. De um lado, é devido idéias presentes em nosso raciocínio, e de hipóteses sobre como é organizada e como funciona a realidade, que conseguimos assimilar o que vemos e ouvimos (Colinvaux - 1993).*

É a partir da experiência pessoal que se organizam as idéias e se comprovam ou não as hipóteses, acomodando-as e reformulando-as para que se adaptem a realidade. O

conhecimento não consiste em observar coisas, mas sim em interpretações por assimilação (ou incorporação) a estruturas anteriores já existentes no cotidiano.

Conhecer é um processo lento, onde se caminha passo a passo, errando e acertando, e sempre buscando caminhos e formas de explicar o mundo. É um processo ativo onde o indivíduo elabora uma visão do mundo, criando a cada etapa de sua vida bases intelectuais cada vez mais sofisticadas que permitam construir novos objetivos de conhecimento.

### 2.3 – AS DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA. E EXISTÊNCIA DE ESTRUTURAS PRÉ-EXISTENTES

Até se conhecer o que se sabe hoje sobre energia, muito se caminhou. Os cientistas avançaram lentamente e com muita dificuldade para entender fundamentos básicos, assim como a questão da conservação. Esta busca levou centenas de anos e envolveu grandes nomes da ciência. O conceito de energia progrediu aos poucos com idas e voltas, passando por idéias do calórico, a vis - viva, ou dificuldade de discriminar conceitos como força. Estes fatos históricos, discutidos no capítulo 4, podem esclarecer cada passo dado no avanço do conhecimento. E se para grandes cientistas, com bases teóricas bem fundamentadas, conhecimento amplo, e verdadeira determinação pelo conhecimento, foi muito difícil entender a questão da conservação, pode ser compreensível que os alunos de ensino fundamental e médio se deparem com dificuldades.

Um fato relevante, não somente na física, mas em tudo que diz respeito ao processo do ensino e da aprendizagem é a existência das concepções espontâneas, decorrentes das representações mentais desenvolvidas pelos estudantes a partir de suas vivências. No que diz

respeito as concepções espontâneas, é muito importante que o professor trabalhe em sala de aula junto com os alunos no sentido de conhecer os conceitos que os alunos possuem para saber em que estágio estes se encontram e o que pensam sobre o tema a ser trabalhado.

Algumas frases citadas abaixo, podem traduzir idéias pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno e que o professor deve tomar atenção:

“Um objeto se move porque lhe forneceram energia” (*discutido no artigo WHAT IS SCIENCE ?, por R.P. FEYNMAN, 1969*)

O estudante facilmente associa energia a movimento, e a idéia de que a energia é a entidade que faz com que os corpos se movam, apesar de completamente errada, é uma idéia comum nos estudantes. De fato, os corpos movem-se por inércia, na ausência de forças e, portanto, sem trocas de energia com o exterior. Se há algo que altera o estado de movimento de um corpo acelerando-o, é a força (e não a energia) que é responsável por esta aceleração. A confusão que o estudante faz entre força e energia tem sido posta em destaque por vários educadores. O artigo *Classification of students conceptions about energy* ( Martin, et al., 1987) aborda o pensamento do aluno sobre este conceito.

“Esta panela é muito quente”

O conceito de calor surge como uma propriedade dos corpos e não como um estado, porém de fato é a energia que está armazenada neles. Os corpos não guardam calor e, sim, possuem energia interna. O calor é energia transferida de um corpo para outro por um processo de trabalho microscópico devido a diferença de temperatura. Um corpo armazena energia interna que poderá ser transferida sem se converter em calor.

“Você está sem energia”

A energia é utilizada com um significado não físico e sim antropocêntrico. Ou seja: a energia é algo relacionado ao homem.

“O petróleo é utilizado para gerar combustível”

“Temos que comer para ter energia”

“Poupe energia, ou ela pode faltar”

A energia aparece como uma substância. É muito comum que o aluno a confunda com combustível ou com a comida.

“Aquela pedra que está no alto daquele prédio tem muita energia potencial”

A energia potencial do sistema pedra-Terra não é uma propriedade da pedra. Tal energia é uma propriedade da interação do campo gravitacional da terra com a pedra. É fácil para o aluno entender que se o campo gravitacional da Terra não existisse, a pedra não cairia, então não viria a produzir trabalho, e não teria esta energia.

O tipo de afirmações ou explorações citadas acima são freqüentes, e fazem com que o aluno inicie o estudo da energia com conhecimentos empíricos muita vezes errados sobre esta questão, e geram algumas das concepções alternativas que algumas pesquisas propõe descobrir.

### 3 – O CONCEITO DE ENERGIA NO ENSINO ESCOLAR

#### 3.1 – OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (PCN)

Antes de analisar como são ensinados os conceitos de energia na escola é necessário ter em mente as diretrizes nacionais estabelecidas com este intuito. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) são um documento elaborado por especialistas envolvidos com a questão da educação, e sugere as linhas gerais básicas e necessárias para que o indivíduo deve ter para a sua formação. Este documento determina pontos em comum que os currículos escolares devem possuir. Resumindo, fornece uma diretriz geral às escolas e professores do que seria necessário à formação básica de um indivíduo, de forma que exista uma base comum entre os diferentes estabelecimentos de ensino no que diz respeito à educação básica. Para facilitar tal tarefa um programa de disciplinas, assim como algumas metas a serem alcançadas, são sugeridas.

*O papel fundamental da educação no desenvolvimento das pessoas e das sociedades ampliou-se ainda mais no novo milênio. E o quadro apresentado hoje no Brasil enfatiza as necessidades de se construir uma escola voltada para a formação de cidadãos. Vivemos numa era marcada pela competição e pela excelência, em que progressos científicos e avanços tecnológicos definem exigências novas para os jovens que ingressarão no mundo do trabalho. Tal demanda impõe uma nova revisão nos currículos, que orientam o trabalho cotidianamente realizado pelos professores e especialistas em educação no nosso país (P.C.N do Ensino Fundamental - Mec / SEMTEC - 2002).*

Após algumas considerações sobre a expansão do ensino fundamental nos últimos anos, os PCN alertam a importância na qualidade do ensino, conscientes das altas taxas de evasão e repetência, e finalmente conclui que:

*o modelo educativo que vem orientando a maioria das práticas pedagógicas não atende mais as necessidades apresentadas pelo atual cenário sócio-político-econômico do país (...) uma tarefa essencial na busca da melhoria da qualidade do ensino passa a ser a de elaborar parâmetros claros no campo curricular, capazes de orientar as ações educativas nas escolas (P.CN do Ensino Fundamental - Mec / SEMTEC - 2002).*

Como se percebe, os PCN sugerem uma reforma do ensino fundamental brasileiro e das tendências pedagógicas com implicações na formação e no aperfeiçoamento dos professores, na revisão dos livros didáticos, etc. Porém na prática a implementação dos PCNs não vem ocorrendo, e os professores elaboram as suas aulas a partir dos diversos livros didáticos disponíveis. Assim sendo, a fim de fazer uma análise de como o tema energia é tratado na escola, utilizaremos um estudo feito nos livros didáticos.

### 3.2 – O LIVRO TEXTO ADOTADO NO ENSINO FUNDAMENTAL

Existem hoje diversos livros didáticos que tem como objetivo de auxiliar o professor no ensino de ciência. É importante enfatizar que a utilização do livro didático é de essencial importância no aprendizado. Além de dar uma base e um caminho a ser seguido pelo educador, os livros fornecem ao aluno uma série de informações esquematizadas, discutidas e exemplificadas, que além de serem esclarecedoras podem ser trabalhadas de diferentes pontos de vista. Entretanto cada autor busca uma maneira própria de desenvolver o conteúdo de seu livro, e dependendo livro que o professor adote em sua turma, o curso pode seguir para diversos caminhos diferentes.

Quanto ao tema energia, é de estranhar que, quase por unanimidade, os livros didáticos utilizados nas escolas, o abordem de maneira pulverizada. A ligação entre as diversas formas

se dá de forma vaga, e muitas vezes um aluno que finaliza o ensino médio ainda não percebe que alguns fenômenos como, por exemplo, movimento, temperatura, eletricidade, e magnetismo, são aspectos diferentes da mesma coisa: a energia. E que a energia pode se apresentar em muitas de maneiras diferentes.

Para se ter uma idéia mais específica de como o tema energia é tratado no ensino fundamental, fez-se uma análise geral de alguns dos livros dentre os que são hoje mais adotados e recomendados pelos professores. A escolha destes livros foi feita através de uma pesquisa com vários professores que estão atualmente lecionando física, e utilizam os livros mencionados a seguir como base do curso ministrado.

Existe nos livros textos de ciências, uma divisão no que diz respeito às diversas áreas do conhecimento que serão abordados em cada ano do segundo ciclo do ensino fundamental. Na 5<sup>a</sup> série são abordadas conceitos do planeta Terra, envolvendo temas como ar, água, e o solo; na 6<sup>a</sup> série são abordados os seres vivos; na 7<sup>a</sup> série o corpo humano, e somente na 8<sup>a</sup> série são apresentados os fenômenos físicos e químicos. Alguns livros mencionam conceitos de energia quando tratam de alguns temas abordados na 5<sup>a</sup>-série, entretanto, não foram mencionados aqui, pois se pretende fazer uma análise somente das últimas duas séries deste ciclo, sendo que na 7<sup>a</sup> série a questão da energia não é abordada em nenhum dos livros analisados. Foram analisados aqui somente os livros de 8<sup>a</sup>-série, que é onde o tema é de fato introduzido.

\* Física e Química (Ciências) - 8<sup>a</sup> série - Carlos Barros e Wilson Roberto - Editora Ática  
- 58<sup>a</sup> Edição (2002).

O livro se divide em três unidades. As unidades 1 e 3, abordam temas referentes à disciplina de química, o que não é de interesse neste trabalho. A unidade 2 tem o nome de "*O estudo da física*", e se inicia fazendo um apanhado geral sobre os campos que a física estuda, mostrando diversas idéias, possíveis caminhos que são representados em questões do interesse do aluno.

Dentro dos capítulos o autor sugere discussões e deixa sempre uma pergunta a ser trabalhada em sala de aula. São discussões que podem contribuir para a construção do conhecimento do estudante. No final de cada capítulo o autor sugere uma ou mais atividades experimentais de fácil realização. O número de exercícios sugeridos não é grande, mas apresentam diversidade. Há também sugestões de pesquisas e textos, figuras e pequenos diagramas que contribuem muito para a aprendizagem.

O capítulo referente à Energia inicia falando em transformação e fornece exemplos simples de fenômenos observados na natureza que envolvem as questões de transformação e conservação. Explica de forma simples a relação trabalho-energia e, apesar de destacar a energia mecânica, deixa claro que esta não é a principal e nem a única forma de energia. Ao final do capítulo, discute formas novas e alternativas de energia. O enfoque predominantemente qualitativo propõe uma atividade experimental de transformação - conservação de energia potencial em energia cinética e novamente em potencial, para realização em sala de aula.

O livro apresenta os conceitos em uma linguagem simples, e de fácil compreensão para o aluno. Dentre os livros analisados é o que tem a maior gama de discussões, e propõe uma interação professor-aluno, através do diálogo. À atividade experimental sugerida, aparece quase sempre como uma demonstração.

“Ciência - Entendendo a Natureza - Matéria e Energia”, César, Sezar e Bedaque, 8<sup>a</sup> série 18<sup>a</sup> edição, 1<sup>a</sup> triagem, Saraiva, 2001.

O conteúdo é também dividido em três unidades: Unidade 1 - *Matéria e Energia*. Unidade 2 - *Transformações da Matéria e Energia*. Unidade 3 - *Matéria e Energia em Movimento*.

Este livro se propõe a estudar os fenômenos físicos e químicos através da sua inter-relação com a energia, o que a primeira vista é muito interessante e estaria em concordância a abordagem proposta neste trabalho. Expõe os conceitos teóricos separados em pequenos blocos com subtítulos. A apresentação dos conceitos é trabalhada com textos, e ao final de cada um o autor chama a atenção do aluno apresentando um exemplo, uma figura demonstrativa ou um texto envolvido com o tema em questão. Entre os textos, alguns dos principais conceitos são destacados e repetidos de maneira isolada, com um fundo colorido para uma melhor fixação por parte do aluno. Os exemplos nem sempre são simples, mas as ilustrações são muito bem detalhadas, coloridas e muitas dão uma idéia de movimento. Os textos são escritos em poucas linhas, mas localiza o aluno no tempo e espaço, e fornecem uma pausa para que o aluno reflita sobre o assunto sabendo um pouco: em que época, aonde, e como eram os cientistas que desenvolveram o que hoje é conhecido. Entretanto são muito

breves, e não fazem um apanhado mais geral sobre os acontecimentos, sobre suas circunstâncias e sugerem fatos que nem sempre fazem parte do cotidiano do aluno.

De uma maneira geral analisa as questões trabalhadas de uma forma mais qualitativa do que quantitativa, tanto nos textos quanto nos exercícios, e busca apresentar uma larga escala de fenômenos ocorridos na natureza.

Na Unidade 1 - Matéria e Energia, o texto inicia falando da percepção do mundo através dos sentidos e cita tópicos da física mais avançada, como a relatividade, holografia, etc. A seguir, trata das propriedades da matéria, deixando sempre bem clara a questão do referencial, e aborda a relação matéria-energia em um texto chamado “transformação da matéria: energia”. Outros pontos abordados são a energia solar e a energia dos átomos, e enfoca a questão da transformação sugerindo atividades experimentais de fácil realização, mas que podem mostrar de maneira simples para o aluno a transformação de uma forma de energia em outra.

Na Unidade 2 são abordadas questões de química, que não serão discutidas neste trabalho. A Unidade 3, denominada de “*Matéria e energia em movimento*”, desenvolve o conteúdo da física a ser ensinado aos alunos. Porém, ao contrário do que o título sugere, estes conteúdos não são tratados baseando-se na questão da energia. Apenas em alguns dos capítulos existe textos que relacionam o fenômeno discutido com a questão da energia.

O capítulo diretamente relacionado a energia é intitulado de “*Trabalho e energia mecânica*”. Neste título o autor se exime da obrigação de falar de todas as formas de energia, uma vez que diversas outras formas já foram citadas em outros capítulos. É feita uma relação de alguns fenômenos biológicos com a energia em movimento, enfatiza o sol como a nossa maior fonte de energia, e fala sempre das outras formas de energia como sendo fontes que

podem gerar energia de movimento. Trata do princípio da conservação como sendo "um dos mais importantes princípios da física" e trabalha sempre a conservação partindo da transformação.

Resumindo, dentre os livros analisados este é o melhor em termos de apresentação visual. As estratégias que o autor utiliza para manter a concentração do aluno são bem elaboradas: textos curtos, gravuras, pausas para histórias de cientistas ou de fatos ocorridos e máquinas. O fato de o autor ter a preocupação de mostrar para o aluno que a física não se resume apenas à física clássica, introduzindo algumas idéias sobre a física moderna, apesar de positiva é muito vaga, resumida, e não tem muito conteúdo. As dicas sugeridas ao professor são coerentes e relevantes. Entretanto o livro segue um padrão muito repetitivo para os alunos. Quanto aos exercícios, tem uma preocupação muito maior com a substituição de fórmulas do que a de fixação do aprendizado e raciocínio físico sobre os conceitos.

Ciências 8a série - Natureza e Vida, Demétrio Gowdak e Eduardo Martins, Editora FTD, 1999.

Cada capítulo deste livro inicia com um pequeno texto teórico que descreve aspectos gerais sobre o tema que será abordado no capítulo. Desenvolve-se com uma linguagem clara e de vocabulário simples. Os sub-títulos dos capítulos apresentam um texto e uma pausa, que se apresenta como uma curiosidade, por exemplo o funcionamento de algum equipamento específico, com uma figura esquematizada e colorida, ou um exemplo prático que busca facilitar o entendimento do aluno. As fórmulas aparecem introduzidas nos textos, em destaque. Os capítulos apresentam também uma série de exercícios resolvidos que na maioria das vezes são muito repetitivos.

Os exemplos são simples, e as ilustrações são bem detalhadas e coloridas. Entretanto possui poucas sugestões de atividades experimentais que são apenas demonstrativas, não propõem nenhuma discussão, além de induzirem o aluno a ter um certo tipo de pensamento. O livro analisa as diversas questões se preocupando sempre com as formulas, mas faz uma seleção para que não sejam apresentadas de forma excessiva.

O livro se inicia com um capítulo intitulado “*Matéria e energia*”, e aborda vários tipos de energia, mostrando a possibilidade de transformação e conservação, porém isto é abordado apenas na introdução. Os capítulos subsequentes não abordam quase nunca qualquer relação entre as formas de energia nem mencionam a relação que os temas abordados têm com o tema energia. Apenas no capítulo referente ao tema de eletricidade este livro trabalha os temas paralelamente de uma forma mais construtivista.

### 3.3 – CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSINO DE ENERGIA

Mesmo sendo energia uma palavra familiar, é muito difícil compreender o seu significado em toda a sua extensão. É possível definir previamente a grandeza trabalho, e então, apresentar uma definição mecanicista de energia, assim como energia é a capacidade de realizar trabalho. Porém algumas definições deste tipo são limitadas e perigosas pois podem induzir a idéia de que em toda transmissão de energia há realização de trabalho, e levá-los a confundir os conceitos energia e trabalho.

Mas qual idéia deve ser apresentada sobre energia para os alunos do ensino fundamental? Segundo Feynman “*na física atual não sabemos o que é energia*” (Feynman 1971), e a literatura existente, principalmente a utilizada na escola, evita abordar a complexidade em torno de uma definição de energia. Tanto no ensino fundamental como no ensino médio os livros didáticos apresentam a energia de diversos pontos de vista: energia de movimento, energia química, energia eletromagnética, etc. É muito comum encontrar abordagens conceituais que descrevem uma série de diferentes formas de energia. As transformações são apresentadas introduzindo o conceito de trabalho associado à energia cinética, e as forças conservativas associadas à energia potencial. Alguns apresentam abordagens que sugere que através de experiências laboratoriais os alunos associem os fatos observados aos fenômenos. Existem também algumas abordagens utilitárias, na qual a energia é tratada numa perspectiva industrial e econômica com grande enfoque nas máquinas.

Driver e Millar (1985) apresentaram uma nova e interessante proposta para o ensino da ciência (Pereira, Valadares, 1991), que consiste na interação entre ciência e sociedade. Para o ensino do conceito de energia, defendem uma abordagem com ênfase na eletricidade. A

justificativa para isto é de que desta forma três conceitos importantes seriam enfatizados: energia é uma grandeza física e tem papel fundamental na natureza, a energia permanece constante mesmo com as diversas transformações ocorridas na natureza, e a energia se degrada após cada transformação. Desta maneira a partir do desenvolvimento do estudo, a compreensão de seus conceitos se dará de forma mais fácil.

Nos livros didáticos, existe a tendência de apresentar definições que se baseiam na lei da conservação da energia. Esta lei realmente estabelece que existe uma quantidade de alguma algo que se conserva em todas as transformações. Mas novamente, segundo Feynman,

*Existe uma lei que governa todos os fenômenos naturais conhecidos até agora. Não se conhece nenhuma exceção a essa lei. A lei chama-se conservação da energia. Segundo ela, existe uma quantidade, que denominamos energia, que não se modifica nas muitas modificações pelas quais passa a natureza. Trata-se de uma idéia abstrata, pode ser um princípio matemático: diz que uma quantidade numérica não se altera quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou algo concreto; é apenas o fato estranho de que podemos calcular certo número e, quando observamos a natureza em suas atividades e calculamos o número de novo, ele é o mesmo ( Feynman, 1975).*

Este conceito é ilustrado em uma história chamada de “Dênis o Pimentinha”, reproduzida no Apêndice I..

## 4 - O CONCEITO DE ENERGIA NA HISTÓRIA DA FÍSICA

### 4.1 – A ORIGEM DA ENERGIA

Há uma experiência que todo ser humano de qualquer língua e cultura compartilha: o nascimento. No entanto as reminiscências dele são, quando muito, tênuas. Elas têm a aparência e áurea não tanto de lembranças quanto de transfigurações místicas. Seria espantoso se esta primeira experiência não influenciasse alguns mitos, religiões, filosofias e ciência. O nascimento de um bebê evoca o mistério de outras origens, o início e fim do mundo, do infinito e da eternidade.      Como surgiu o universo? O que havia antes? Seria possível ele nunca ter começado? O universo pode ser infinitamente velho?

A versão atualmente aceita da origem do universo começa com uma explosão que fez o próprio espaço expandir-se.

*A aproximadamente 15 bilhões de anos, toda a matéria e a energia que hoje formam o universo conhecido ocupavam um espaço menor que a cabeça de um alfinete (Carl Sagan, 1989).*

O Cosmos sofreu uma enorme explosão, o "Big-Bang", e a "energia - matéria" do universo, junto com a trama do próprio espaço estão desde então se expandindo em todas as direções. Assim, de acordo com a teoria que é conhecida como o início, toda a energia existente no universo, foi criada junto com seu nascimento e permanece constante. A energia presente no universo não pode ser criada ou destruída. Mas pode, entretanto, ser conservada, transferida, armazenada, transformada ou degradada. Isto é, a energia pode resultar em novas formas de energia.

## 4.2 – EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE ENERGIA

Historicamente, foi somente após a metade do século XIX que os físicos reconheceram que todas as formas de energia podem ser transformadas entre si. Entre os anos 1842 e 1847 a idéia da conservação da energia foi anunciada publicamente por quatro cientistas europeus: Mayer, Joule, Colding e Helmholtz, que através de aplicações quantitativas concretas confirmaram o que viria a ser um dos maiores passos da física clássica (Kuhn, 1977).

Em se tratando de energia, inicialmente se pensava que a energia térmica era um tipo de matéria, o “calórico”, que fluía de um lugar para o outro como água. A confusão entre energia e força onde o efeito da força era traduzido pela “vis viva” (Kuhn, 1977) dos corpos também existiu. A energia cinética, era vista como uma coisa completamente diferente (e era comumente confundida com momento linear). Quanto a luz, não havia consenso sobre sua natureza.

Decorreram décadas até que se observasse uma relação entre tantos fatores que pareciam distintos. Por volta de 1630 Descartes escreveu que: “a quantidade de movimento traduz o efeito da força” (Kuhn, 1977). E ainda em 1700 Leibnitz acreditava que o efeito da força era traduzido pela “vis - viva” dos corpos, produto da massa pelo quadrado da velocidade. De fato, entre os séculos XVIII e XIX a palavra força ainda não era utilizada de forma clara, e parecia ter um sentido ambíguo para os cientistas, ora com o significado atual de força ora traduzindo o que hoje conhecemos como energia. Foi somente por volta de 1785 que D'Alambert, e um ou dois anos mais tarde, Thomas Young, introduziam as primeiras noções de energia associadas a movimento. A questão é, se ainda não se conhecia o sentido real da energia, como pensá-la em termos de transformação e conservação?

Foi em 1798 que o conde Rumford fazendo furos em canhões do exército Prussiano demonstrou que o modelo do “calórico” não era adequado. Rumford provou que o movimento por si só gera calor, isto é, que calor produzido e movimento estavam relacionados a mesma grandeza. Mais detalhes sobre a história desta importante descoberta são apresentados no apêndice II.

Por volta de 1800 alguns processos de conversão de energia já haviam sido observados. O movimento de atrito entre superfícies já produzia cargas eletrostáticas e as atrações e repulsões resultantes produziam movimento. Geradores estáticos tinham ocasionado algumas reações químicas, incluindo dissociações, e as reações químicas produziam luz e calor. Utilizando a máquina a vapor, o calor podia produzir movimento que, por seu lado, gerava calor através da fricção. No entanto estes fenômenos encontravam-se isolados no século XVIII. Poucos pareciam de importância geral para a investigação científica. Foi então que em 1834 uma cientista inglesa Mary Somerville mencionou sobre a possibilidade de conexão entre os diversos fenômenos da física.

Foi Joule, através de uma seqüência de investigações de processos de conversão quem demarcou realmente a base experimental da transformação da energia, estabelecendo assim uma relação entre o trabalho dos vários cientistas pioneiros. Em 1838 a grande preocupação de Joule eram os motores. Por volta de 1840, suas avaliações relacionadas ao trabalho e ao funcionamento dos motores estabeleceu uma ponte entre os investigadores da máquina a vapor, Carnot, Séguin, Hirn e Horlitzmann (Kuhn, 1977). Durante esse período, entre 1838 e 1841, sua preocupação principal era a melhoria dos motores. Entretanto, a partir de 1841 todo seu interesse se voltou para a busca de um melhoramento das baterias que moviam este motor. Agora Joule se preocupava com as novas descobertas em química, assimilando

completamente a visão de Faraday sobre o papel essencial dos processos químicos no galvanismo. Em 1843, levado pela descoberta de um erro em um de seus trabalhos com baterias, ressurgiu o interesse pelo motor, e principalmente o conceito de trabalho mecânico. Construiu assim um sistema com a finalidade de testar pela primeira vez a relação entre energia mecânica e energia térmica. Através deste experimento mostrou quantitativamente a relação entre trabalho realizado em forma de calor produzido, ou seja, o equivalente mecânico do calor. Provou isto com uma experiência que constitui de um tubo cilíndrico com pás presas a uma haste que passa pelo eixo principal e conectada em uma das extremidades a um bloco, colocando água dentro do tubo cilíndrico e soltar o bloco. Quando o bloco cai, as pás giram e por atrito a água esquenta.

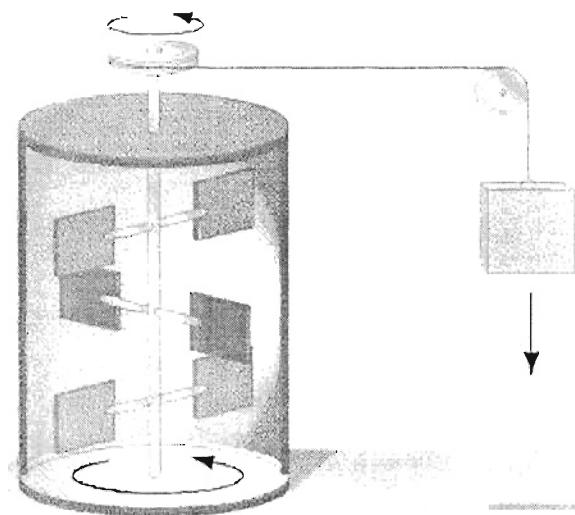


Figura 1: Experimento de Joule, demonstrando a equivalência entre calor e energia mecânica. A queda do bloco faz girar as pás que aquecem a água contida no recipiente.

Joule mostrou assim, que a conservação da energia poderia ser realizada a partir de um único processo de conversão.

Entretanto, a energia pode se apresentar de várias maneiras, e este não é o único modo de trazer a luz os diversos aspectos que a energia apresenta. C. F. Mohr, em 1839 (Kuhn, 1977), já havia mencionado em um de seus trabalhos que em diversas circunstâncias, o movimento, afinidade química, eletricidade, luz e magnetismo, podiam se transformar uns nos outros.

Foi Hermann Helmholtz que em 1847, escreveu pela primeira vez o princípio da conservação da energia, e este é o conceito de energia que temos até hoje.

*Se trabalho, calor, eletricidade, podem se transformar um no outro é porque não passam de formas diferentes de algo que não varia, qualquer coisa que ora vemos como forma de calor, ora sob a forma de luz, ora sob a forma de trabalho mecânico, este qualquer coisa é energia, que nos surge sob aspectos diversos, desde que permaneça quantitativamente a mesma (Pereira, Valadares, 1991).*

Os estudos de Faraday sobre indução eletromagnética possibilitam a utilização da energia elétrica em nossas casas, um avanço enorme que ficou consagrado na revolução industrial.

Em 1905, Einstein foi ainda mais longe e escreveu que “*a massa de um corpo é uma medida do seu conteúdo energético*” (Pereira, Valadares, 1991). Entre suas diversas realizações, a teoria descreveu a relação entre matéria e energia. Esta relação foi resumida na famosa equação  $E = mc^2$ . Como a velocidade da luz é muito grande, uma pequena quantidade de massa equivale a uma enorme quantidade de energia. Ampliou -se, assim, o conceito de energia, tornando-o aplicável a própria massa das partículas. Uma partícula, qualquer que ela seja, pelo fato de ter massa, possui energia. A massa é, no fundo, energia altamente concentrada. Como afirma Max Born: “*energia e massa não são mais do que dois nomes de uma mesma coisa*” (Max Born, 1935).

## 5 – FENOMÊNOS FÍSICOS ASSOCIADOS ÀS DIVERSAS FORMAS DE ENERGIA NA NATUREZA

Mais um vez deve-se voltar a perguntar - o que é energia? Este conceito ainda não foi definido claramente, e talvez não seja possível fazê-lo. O conceito de energia começa a ficar claro a partir da discussão das suas diversas formas e transformações e em algum momento é atingido um ponto onde o indivíduo, embora ainda não consiga definir o que é energia, *entende* o que este conceito significa. Para começar pode-se pensar em energia como algo que pode existir de diferentes formas, algo que pode se modificar transformando-se de uma forma para outra. Além disso, a quantidade transformada pode ser medida em termos de força multiplicada por uma distância, o trabalho. O trabalho mede a quantidade de energia que pode se modificar. A definição *tradicional* de energia diz que “energia é a capacidade de realizar trabalho”. Porém qualitativamente essa definição não ajuda no entendimento do conceito de energia; fica claro apenas que trabalho e energia devem ser medidos com a mesma unidade.

As diferentes formas de energia podem ser identificadas na prática observando e medindo a energia transferida quando trabalho é realizado. Uma mola, quando comprimida armazena energia potencial elástica. Um corpo suspenso, em uma dada altura em relação a Terra, armazena energia potencial gravitacional.

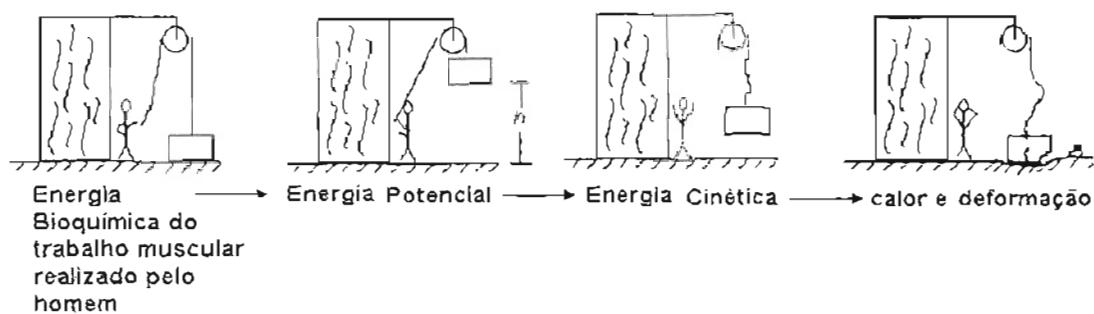


Figura 2: A energia bioquímica do homem, realizando trabalho muscular, que é transformado em energia potencial, e que eventualmente pode se transformar em calor, deformação e energia sonora.

O petróleo, originado das plantas primitivas transformadas em fósseis armazena *energia química*, que por sua vez pode ser transformada em energia potencial gravitacional quando usado como combustível em uma máquina que levanta um corpo. Explosivos ou fogos de artifícios possuem energia química.

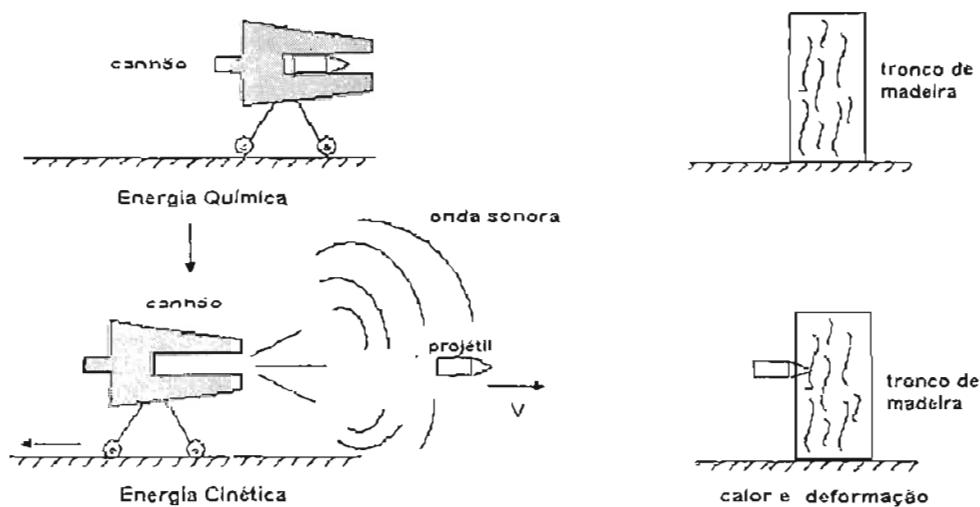


Figura 3: Um projétil atirado por um canhão, transforma a energia química do explosivo contido no projétil em energia cinética, calor, deformação na madeira e energia sonora.

Os Alimentos armazenam energia química, que o corpo humano transforma em energia elástica quando uma mola é comprimida, ou em energia potencial quando um corpo é levado a uma posição diferente.

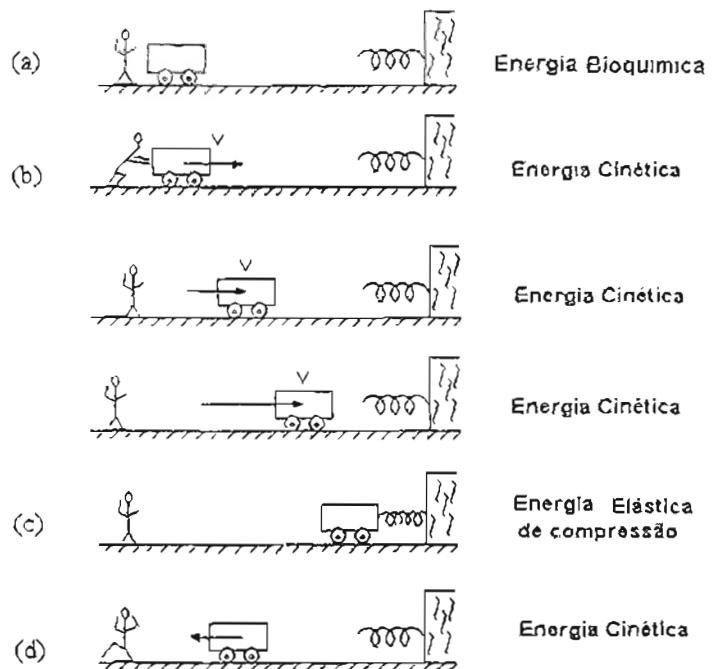


Figura 4: O homem da figura (a) possui inicialmente energia bioquímica obtida através dos alimentos e a transforma em energia cinética quando empurra o carro (b) que é armazenada como energia de deformação (potencial) da mola (c) , e que quando se solta pode ser transformada novamente em energia cinética (d).

Um carro em movimento também possui energia associada a sua velocidade, denominada *energia cinética*. Essa energia pode ser transformada em energia potencial ligando algum corpo ao carro em movimento de forma apropriada a graves de cordas e polias. Esses exemplos explicitam as propriedades fundamentais da energia: transformação, conservação, degradação, armazenamento e transferência, em que a energia não pode ser criada ou destruída, apenas transformada.

Para onde vai a energia de um carro em movimento que freia? Um carro em movimento em uma estrada de terra atinge o repouso para onde vai essa energia? Será que essa energia desapareceu? De acordo com Feynman (1970), deve-se procurar com mais atenção para onde essa energia foi transferida. Ao analisar a situação, observa-se que o atrito entre as superfícies (pneu e estrada) ásperas produz calor, desgaste dos pneus e das pastilhas do freio. Mas o que é o calor? Conforme mencionado no Capítulo 4, inicialmente os cientistas não identificavam o calor como sendo uma forma de energia. Porém no século XIX experimentos precisos demonstraram que calor é apenas uma das formas de energia (*ver experimento de Joule, p.26*).

De forma geral, energia potencial gravitacional é uma forma de energia associada a posição de um corpo em relação a Terra. A partir da equivalência entre energia e trabalho, pode-se deduzir a seguinte relação: energia potencial = peso x altura. Ao queimar combustível, energia química, pode-se levantar um corpo verticalmente. No caso de um foguete, o trabalho realizado sobre o mesmo é igual a energia cinética ganha pelo corpo.

Se ao invés de mover corpos a situação física envolve a distribuição de cargas elétricas a energia associada é chamada *energia potencial elétrica*. Uma mola esticada ou comprimida tem energia potencial elástica armazenada. Esta afirmação não implica que esta energia esteja contida nas diferentes partes do metal que compõe a mola, mas apenas que a mola ao ser liberada poderá realizar trabalho.

Para ilustrar o conceito de transformações de energia no campo gravitacional da Terra pode-se considerar o movimento de um pêndulo, constituído por uma massa que está livre para oscilar suspensa por um fio de um determinado comprimento. Em seu movimento, a massa presa ao fio perderá altura ao ir do ponto mais alto para o ponto mais baixo. Na posição

vertical a massa não possui mais energia potencial gravitacional, porém volta a adquiri-la ao subir novamente. No ponto mais baixo a energia potencial gravitacional se transformou em energia cinética, que é uma energia de movimento.

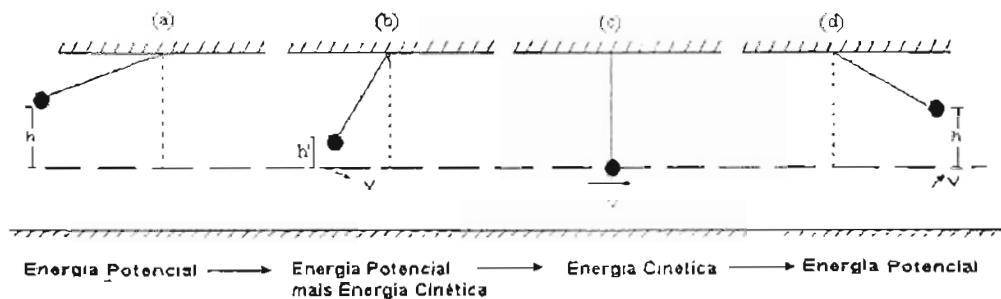


Figura 5: A energia potencial inicial (a) se transforma totalmente em energia cinética (c) e novamente em potencial (d). Na situação (b) o pêndulo terá energia potencial, e energia cinética, sendo que a soma das duas será igual a energia potencial na situação (a).

Uma criança que brinca em um balanço sabe que quanto maior a velocidade do balanço no ponto mais baixo, maior será a altura que o balanço poderá atingir. Este é um exemplo muito semelhante ao do pêndulo, de transformação de energia cinética em energia potencial gravitacional.

Com o objetivo de explicar para onde vai a energia cinética quando o carro andando em uma estrada de terra para, ou para onde vai a energia potencial gravitacional depois que um corpo em queda chega ao chão, é necessário introduzir o conceito de energia térmica. Para entender esta forma de energia deve-se pensar na natureza microscópica da matéria. Se fosse possível *olhar* dentro do corpo que acaba de cair observaríamos que os átomos do material estão se agitando de maneira aleatória depois que o movimento diminui. Continua havendo energia cinética, mas não relativa ao movimento do corpo por inteiro mas sim dos átomos que o constituem. Através de termômetros pode-se medir a temperatura do corpo e observa-se que

este ficou mais quente. Isto pode ser explicado pelo aumento da energia cinética de seus átomos. Esta forma de energia é chamada de energia térmica. Não é de fato uma *nova* forma de energia, mas apenas a energia de movimento interno dentro de um dado material.

Existem diversas outras formas de energia e não é possível descrevê-las todas em detalhes neste trabalho. Há energia elétrica, associada a atração e a repulsão entre cargas elétricas. Há energia de radiação, associada a energia eletromagnética, como por exemplo a energia proveniente do sol. Energia química é a energia liberada em reações químicas. Entende-se hoje que parte da energia química está associada à distribuição dos átomos e tipo de ligações na matéria, e desta forma parte da energia química é energia potencial. Outra parte da energia química está relacionada a repulsão entre os elétrons e os prótons, logo trata-se de uma energia elétrica. A energia bioquímica é um tipo de energia química presente nos seres vivos.

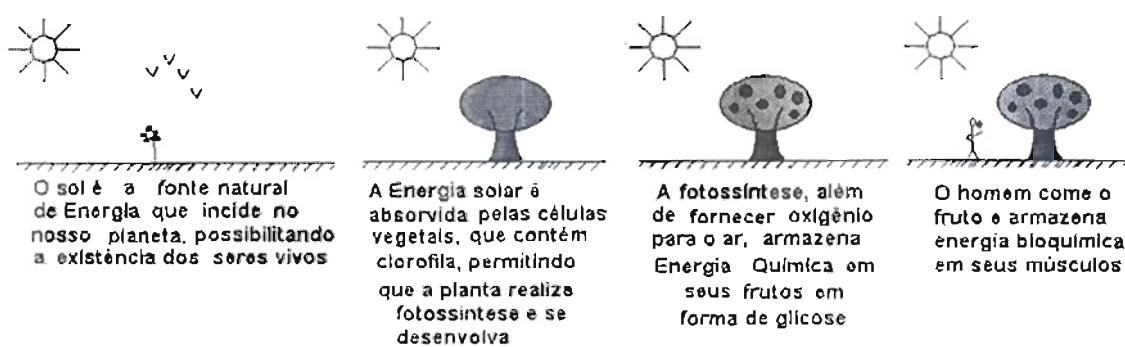


Figura 6 : O Sol é a fonte de energia primária que abastece o planeta Terra. Ao receber energia solar, juntamente com o gás carbônico existente no planeta, os vegetais, através de um processo químico são capazes de produzir oxigênio e glicose. A planta libera oxigênio para o ar e utiliza a glicose em seu desenvolvimento. No decorrer de seu ciclo vital a planta gera o fruto, que possui glicose. Ao comer o fruto o homem armazena a glicose do fruto em seus músculos.

A energia nuclear, está relacionada com as partículas contidas dentro do núcleo dos átomos. A energia liberada quando o núcleo de um átomo pesado é fissionado é muito grande, sendo hoje utilizada nas usinas nucleares, para produção de energia elétrica, ou também para produzir armas de destruição, com é o caso das bombas atômicas.

Um exemplo do ciclo de transformação de energia, desde a energia solar até a energia elétrica consumida nas residências, pode ser visto na Fig. 7.

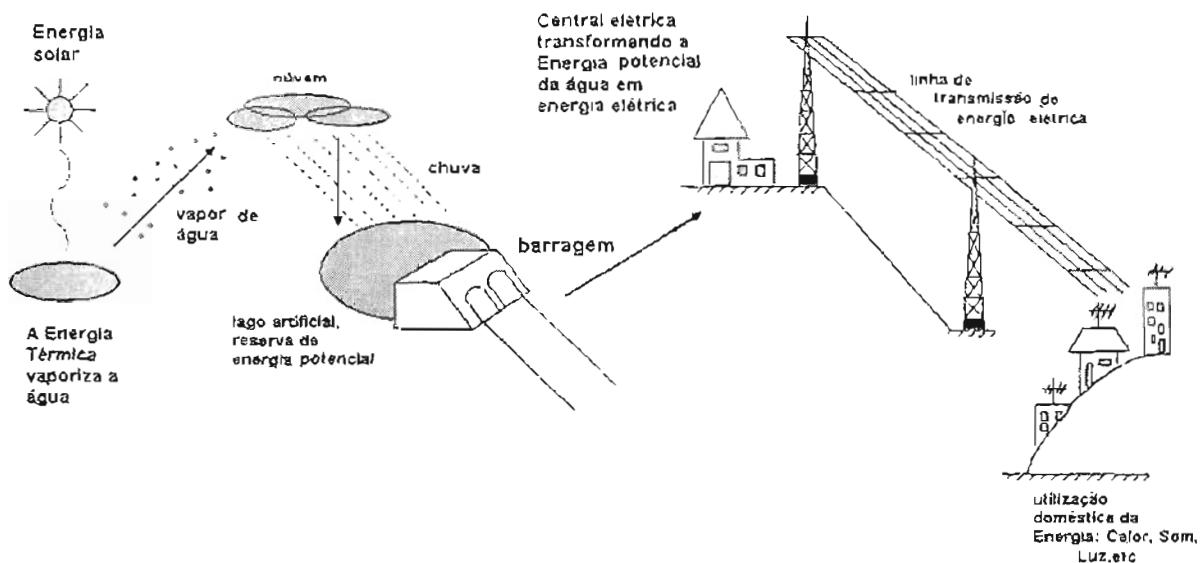


Figura 7: Ciclo de transformações da energia

O som é proveniente do movimento das moléculas do ar, e é também uma forma de energia. É importante lembrar que a energia sonora associada a 10 milhões de pessoas falando simultaneamente produzem energia sonora igual a energia de um flash comum de luz. (Hewitt, 2002).

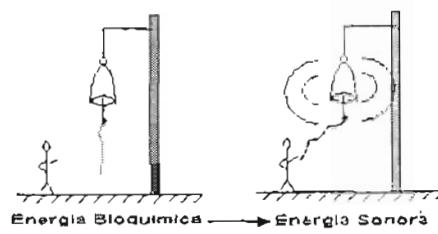


Figura 8: O homem ao tocar o sino transforma energia bioquímica contida em seus músculos em energia sonora através do sino.

Para resumir, a tabela abaixo (Rogers, 1970) ilustra diversas formas de energia, descrevendo de forma simplificada em que situação cotidiana cada forma de energia é comumente observada.

## Formas de Energia

Situação	Nome da Forma de energia	Quando ou onde ela ocorre
Posição	Energia Potencial	Quando um objeto muda de posição em relação a Terra ele ganha energia potencial
Comprime ou estica	Energia potencial elástica	Quando uma mola é comprimida ou esticada armazenamos energia elástica
Rotação	Energia cinética rotacional	Quando um corpo esta em movimento de rotação
Movimento	Energia cinética	Quando um corpo está em movimento, possui velocidade e tem energia cinética
Calor	Energia térmica	Quando um copo de café QUENTE COLOCADO NUM AMBIENTE MAIS FRIO esfria
Quebra de ligações químicas dentro de um material	Energia Química	Fogos de artifício, explosivos, combustível, alimentos
Derretimento ou evaporação	Calor Latente	A quantidade de calor necessária para derreter o gelo ou ferver a água a fim de quebrar as ligações químicas
Eletricidade e magnetismo	Energia elétrica e energia magnética	circuitos elétricos, motores, etc
Luz	Energia eletromagnética	As ondas eletromagnéticas: luz, as ondas de radio, infra-vermelho, raio-X, etc
Ondas	Energia ondulatória	Ondas do mar, som, etc
Energia nuclear	Energia nuclear	Grande energia é liberada quando o núcleo dos átomos é dividido
Seres vivos	Energia biológica	Mitocôndrias no interior das células vegetais transformam energia solar em energia química

Tabela 1: As várias formas que a energia na natureza, com exemplos de situações do cotidiano

## 6 – PROPOSTA METODOLÓGICA

Este capítulo se propõe discutir como as idéias acima expostas poderiam ser utilizadas pelos professores na sala de aula.

*"Educar é construir, é libertar o homem do determinismo, passando a reconhecer o papel da História e onde a questão da identidade cultura, tanto em sua dimensão individual, como em relação à classe dos educandos, é essencial à prática pedagógica proposta. Sem respeitar essa identidade, sem autonomia, sem levar em conta as experiências vividas pelos educandos antes de chegar à escola, o processo será inoperante, somente meras palavras despidas de significação real" (Freire, 1996).*

### 6.1 – PARA QUE TIPO DE PROFESSOR SE DIRIGE ESTA PROPOSTA ?

Práticas pedagógicas são relações complexas estabelecidas no contexto escolar, que não podem ser reduzidas apenas a aplicação de uma teoria de ensino-aprendizagem. Existem professores que ensinam com maior ou menor sucesso. É importante frisar que as condições de ensino podem alterar a atuação de um dado professor.

O professor deve ter bom domínio do conteúdo a ser trabalhado, saber organizar os objetivos pretendidos, e como atingi-los, selecionar os conteúdos que serão trabalhados e as estratégias serão utilizadas. Além disso deve elaborar atividades que facilitem o processo de aprendizagem, planejar que tipo de atividades devem ser propostas para que estes objetivos sejam alcançados com maior sucesso, dividir bem o seu tempo, e tomar atenção para que tipo de avaliação mostrará se os objetivos foram realmente alcançados. O professor deve poder:

- a) Criar um ambiente de aprendizagem onde ele seja um facilitador para o aluno.
- b) Motivar intelectualmente seus alunos.
- c) Auxiliar seus alunos no processo ensino-aprendizagem.

- d) Ser um facilitador de aprendizagem, observando e ouvindo atentamente, respondendo adequadamente e organizando os conceitos. Assim como levar o aluno a refletir sobre os problemas propostos e ser capaz de procurar soluções.

## 6.2 – PLANEJAMENTO PARA A SALA DE AULA

O planejamento das aulas deve facilitar o processo de aprendizagem. Ao elaborar o plano de aula, o professor deve estar atento à realidade de seus alunos, à carga horária disponível e ao calendário escolar oferecido pela instituição. Deve poder definir objetivos apropriados, e selecionar as atividades a serem realizadas. O livro texto se bem escolhido é sempre um auxílio ao professor, sem jamais substituí-lo no processo de ensino - aprendizagem.

É importante que antes de iniciar o trabalho o professor conheça seus alunos através de uma avaliação diagnóstica (Krasilchik, 2001). Este tipo de avaliação pode ser realizada com trabalhos informais realizados dentro de sala de aula ou através de exercícios, questionários ou discussões sobre um determinado tema. Com o auxílio da avaliação diagnóstica o professor não só poderá detectar as principais dificuldades, como também, poderá conhecer quais conhecimentos seus alunos já possuem, como utilizam as informações no seu dia-a-dia, o que cada um consegue fazer sozinho, e quando precisam de ajuda adicional. Esse tipo de avaliação pode também ter como objetivo conhecer em que estágio (Piaget, 1983) o aluno se encontra, e que estruturas pré-existentes este possui sobre o tema a ser trabalhado.

Ao elaborar um plano de aula, o professor deve sugerir um tema, apresentar os conteúdos que escolheu, identificar para qual turma ou série se deseja aplicar esta aula. Deve

definir quanto tempo é necessário para a realização desta aula, assim como para as discussões, elaborar uma introdução que realize uma ponte com o tema, esclarecer objetivos, definir que recursos didáticos podem ser utilizados como facilitadores, apresentar como esta aula pode ser desenvolvida, que procedimentos serão utilizados, e que tipo de avaliação se utilizará.

É sugerido que nenhuma aula acabe sem a discussão do que foi trabalhado sendo que esta etapa pode ser realizada verbalmente ou em forma de relatório. Exemplos de planos de aula são apresentados no apêndice III.

### 6.3 – RECURSOS DIDÁTICOS

#### Classificação dos conceitos pré-existentes

Antes que se inicie um trabalho didático é importante que o professor saiba o que e como seus alunos conhecem o assunto a ser estudado. É necessário que ele conheça como os alunos pensam, e como entendem o conceito a ser estudado, no caso a energia. Para tanto é proposto que se faça um estudo investigativo de concepções espontâneas dos alunos utilizando um painel (*Martins et al, 1987*).

Esta atividade tem como objetivo principal, entender como os alunos pensam o tema proposto e a que situações estes relacionam o tema energia. É sugerido que se elabore um painel que contenha diversos desenhos que representam diferentes situações relacionadas a energia. Este painel deve ser apresentado ao aluno, e este deverá apontar quais das situações apresentadas se relacionam com energia. Ao final desta atividade o professor deve concluir

com quais situações os alunos relacionam melhor o tema. Um exemplo de como este painel pode ser elaborado é apresentado no apêndice IV.

## Organizadores Prévios

Apos uma análise de como o aluno *pensa* o tema, é muito importante que se organize o seu pensamento. É interessante pensar no uso de “organizadores prévios” (Moreira, 2002) que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos pré-existentes que facilitam a aprendizagem subsequente. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes dos conteúdos escolares serem trabalhados. Sua principal função é de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele aprenderá. Os organizadores prévios podem ser úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como *pontes cognitivas* (Moreira, 2002), ou seja, fazem uma ponte entre os aspectos cognitivos dos alunos e os novos conceitos adquiridos.

Exemplos de material didático que poderá ser utilizado como operador prévio:

- Uma dramatização

Um roteiro de uma possível dramatização foi desenvolvido a partir de um texto de Figueiredo e Pietrocola (1998), onde o autor faz uma entrevista com a Energia. Para uma dramatização no contexto escolar, o texto foi adaptado, e mostra cinco crianças interagindo com “Dona Energia”. Esse texto é apresentado no Apêndice V.

Para o desenvolvimento desta atividade, os alunos devem pesquisar o tema conceitualmente, construir um cenário, dividir as tarefas e papéis: atores, diretor, som,

iluminação, produção, apoio, etc.. ensaiar, e a partir de então montar a dramatização, a ser apresentada a outras turmas da escola. O professor poderá acompanhar todas as etapas do processo, assim como auxiliar seus alunos.

- Um painel

No apêndice VI, pode ser visto diversos conteúdos que poderão estar contidos em um painel. Este pode trabalhar aspectos históricos, curiosidades, temas atuais, um fluxograma, etc..

### **Mapa conceitual**

Uma das estratégias que podem facilitar a organização do professor, é a elaboração de um mapa dos conteúdos a serem trabalhados, isto é, um *mapa conceitual* (Moreira, 2002). Este pode permitir que o professor estabeleça diversas seqüências partindo de um ponto em comum. O mapa conceitual é mais uma técnica utilizada pelo professor como recurso didático, enfatizando os conceitos e as relações entre os conceitos.

Mapas conceituais são representações gráficas semelhantes a diagramas, que indicam relações entre conceitos ligados por palavras. Representam uma estrutura que vai desde os conceitos mais abrangentes até os menos inclusivos. São utilizados para auxiliar a ordenação e a sequenciação hierarquizada dos conteúdos de ensino, de forma a oferecer estímulos adequados ao aluno.

## Atividades Experimentais

Em se tratando de ciências, qualquer tema abordado requer o desenvolvimento de atividades experimentais. Há uma visão por parte dos educadores de ciências que a atividade experimental facilita o processo de aprendizagem. Existem diversas possibilidades de se concretizar esta atividade em sala de aula, e maneira com que os fatos serão abordados é o grande “X” da questão.

As atividades experimentais podem ser desenvolvidas de várias formas dependendo dos objetivos propostos pelo professor:

1. Demonstrações
2. Atividades estruturadas, com roteiros. E onde existe um determinado material e os alunos devem se dividir em grupo para a realização da experiência.
3. Projetos – Atividades abertas.
4. Redescoberta.
5. Construção e montagem de pequenos experimentos.
6. Apresentação de vídeos.

O professor poderá adequar as atividades às suas possibilidades e aos seus objetivos com a experiência, e é muito importante que independente da forma escolhida, o professor discuta com seus alunos os resultados.

Nesta proposta a atividade experimental deverá ser introduzida juntamente com o conteúdo. O aluno deve interagir, participar e discutir. Após realizada a atividade experimental em sala de aula, é muito importante que haja uma discussão sobre os fenômenos ocorridos. Esta discussão deve ser feita de forma verbal e perante toda a turma, para que os

alunos possam dividir seus pensamentos e experiências: desta forma existe uma possibilidade de o professor direcionar e corrigir, em busca de um pensamento correto e científico. Após as discussões é importante que cada aluno apresente individualmente seus pensamentos por escrito para que o professor verifique a nova estrutura cognitiva do aluno.

Segue abaixo um exemplo de atividade experimental onde acontece a conservação, a transformação, e o aparecimento de algumas formas de energia.

A montagem de uma maquete de uma situação física é montada . de forma que o professor possa discutir com seus os alunos As diversas formas de energia.

## Atividade Experimental



## Avaliação

Nesta proposta a avaliação deve ser mais um recurso pedagógico, que contribui para que a escola desempenhe seu papel na educação e na formação do aluno. Espera-se que esta etapa da aprendizagem tenha a participação de todos as partes envolvidas no processo educativo, ou seja, o professor, o aluno e a escola. Esta fase deve ter como função obter e interpretar dados sobre a aprendizagem dos estudantes, onde o professor deve ser o mediador no processo de ensino/aprendizagem, oferecendo aos seus alunos atividades produtivas e desafiadoras.

É sugerido que a avaliação seja efetuada através de um processo contínuo, feito diariamente em sala de aula. Ela não deve ter o objetivo apenas de classificar os alunos, ou para aprovar e reprovar uma disciplina. A avaliação deve verificar se os objetivos foram atingidos, diagnosticando as dificuldades pendentes para que haja uma análise sobre o processo adotado e sua reformulação, assim como a recuperação e a possível inclusão do aluno no processo de aprendizagem.

## 6.4 – PROPRIEDADES DA ENERGIA

Quando se ensina o tema energia, é muito importante que o professor conheça e saiba contextualizar seus exemplos, trabalhe bem as propriedades básicas, além de ter consciência da existência das dificuldades que envolvem o tema. Para superá-las o educador deverá possuir conhecimentos sólidos do conteúdo da física. É sugerido que alguns aspectos básicos

sejam desenvolvidos dentro de uma perspectiva integradora. Estes aspectos podem ser visualizados no diagrama abaixo:

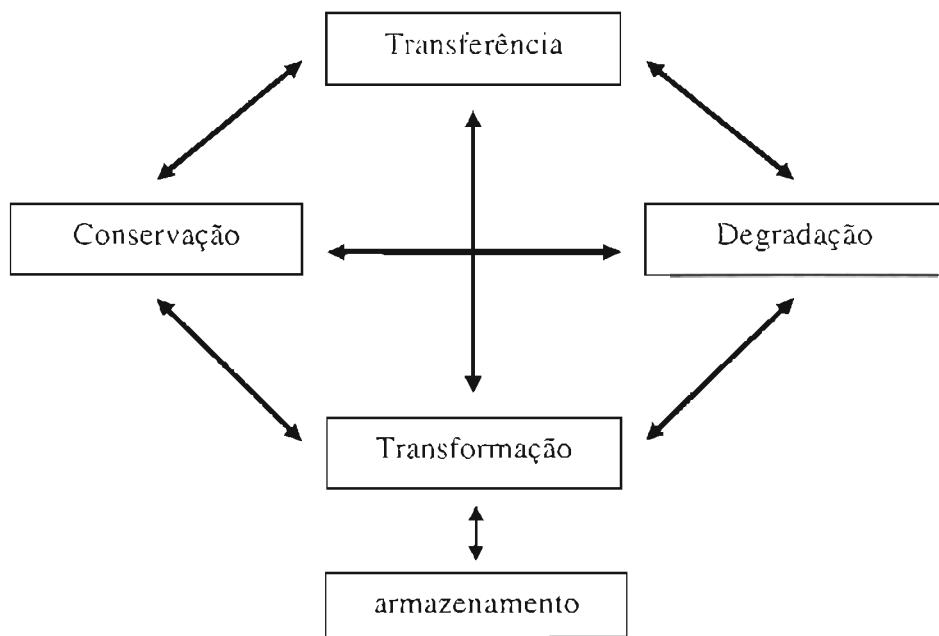


Figura 11: Integração dos aspectos fundamentais da energia

*Mais importante do que enunciar o que é energia é entender como ela se comporta – como ela se transforma. Pode-se entender melhor os processos e transformações que ocorrem na natureza analisando-os em termos de transformações de energia de uma forma para outra ou de transferências de um lugar para outro. A energia é a maneira que a natureza dispõe para prosseguir o jogo. Os processos da natureza são melhor compreendidos quando analisados em termos das variações de energia. (Hewitt, 2002).*

Considerando as mudanças que ocorrem na energia quando um martelo bate em um prego, como mostrado na Fig. 12, o trabalho realizado para elevar o martelo, fornecendo-lhe energia potencial, transforma-se em energia cinética quando o martelo é solto. Esta energia é

transferida para o prego. A distância que este penetra na madeira, multiplicada pela força média do impacto, é quase igual à energia potencial do martelo. Diz-se quase, porque alguma energia transferiu-se para a madeira durante a penetração, aquecendo-a. Levando em conta a energia térmica, constatamos que a energia transforma-se sem que haja ganho ou perda líquida da mesma.

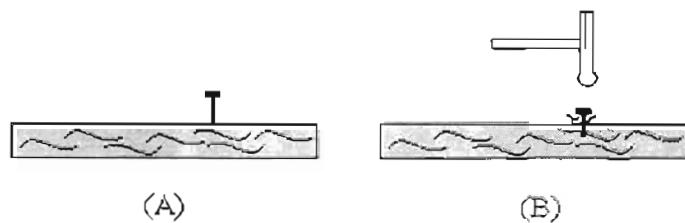


Figura 12: A energia potencial do martelo se transforma em energia cinética mais calor

O estudo das diversas formas de energia e suas transformações de uma forma em outra levaram a uma das maiores generalizações da física: a lei da conservação de energia:

*A energia não pode ser criada ou destruída: pode apenas ser transformada de uma forma para outra, com sua quantidade total permanecendo constante (Hewitt, 2002).*

Ao considerar um sistema qualquer em sua totalidade, do mais simples ao mais complexo, como um pêndulo balançando ou uma supernova explodindo, há uma quantidade que não é criada ou destruída: a energia. Ela pode mudar de forma ou simplesmente ser transferida de um lugar para outro, mas, até hoje, a partir de tudo o que se sabe, a quantidade total de energia permanece inalterada. *Essa quantidade total de energia leva em conta o fato de que os átomos que formam a matéria são eles mesmos cápsulas concentradas de energia (Hewitt, 2002).* Quando os núcleos dos átomos se redistribuem, quantidades enormes de

energia são liberadas. O Sol brilha porque parte de sua energia nuclear é transformada em energia radiante.

*A enorme compressão provocada pela gravidade e temperaturas extremamente altas no interior profundo do Sol funde núcleos de átomos de hidrogênio para formar núcleos de hélio. Isto é a fusão termonuclear, um processo que libera energia radiante, pequena parte da qual atinge a Terra (Hewitt, 2002).*

Da energia emitida pelo Sol, grande parte é refletida . Parte desta energia incide sobre as plantas e sustenta a vida da cadeia alimentar que começa pelas plantas. Parte é estocada na forma de carvão mineral, e é mais tarde armazenada na forma de petróleo. Parte serve para evaporar a água nos oceanos, que retorna a Terra em forma de chuva. A água da chuvas pode se acumular em represas, que em virtude de sua altura são reservatórios de energia potencial. Quando a água desce da represa esta energia potencial se transforma em energia cinética, capaz de movimentar as turbinas das usinas hidrelétricas, e transformada em energia elétrica. A energia é transportada pela rede elétrica e chega até as casas, onde pode ser utilizada para iluminar, aquecer, cozinhar e fazer funcionar aparelhos elétricos. Um fluxograma do que acontece com a energia solar que chega a Terra pode ser visto no apêndice VII.

## 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho são apresentados alguns elementos a serem considerados pelo professor de ciências ao ensinar o conceito de energia no ensino fundamental. No ensino de física o aprendizado do conceito de energia é feito tradicionalmente de formas separadas, sem uma conexão visível entre os diferentes tipos de energia. Um aluno mais avançado do ensino médio, por exemplo, muitas vezes não consegue identificar a energia mecânica e o calor como diferentes formas de uma mesma grandeza. Ao introduzir a idéia que energia é uma única entidade, com exemplos baseados em suas propriedades, acredita-se estar se facilitando a formação de uma base nas estruturas do aluno, possibilitando assim que este seja capaz de construir novas estruturas no caminho do conhecimento.

O objetivo principal é que o aluno ao terminar o ensino fundamental entenda a energia como uma entidade universal, que não pode ser criada nem destruída. Acredita-se que o professor deve desenvolver parte do ensino de física com ênfase na energia, suas propriedades e transformações, de forma a facilitar o processo ensino – aprendizagem. Neste trabalho é sugerido que partindo do conhecimento do nível dos alunos, o professor propicie discussões envolvendo os diversos significados da palavra energia em diferentes contextos, tentando não só que os alunos compreendam seu real significado mas também que sejam capazes de perceber que várias definições de energia utilizadas no cotidiano apresentam deficiências ou limitações. O Professor deve corrigir expressões menos corretas que os alunos eventualmente atribuem ao tema. São também apresentados alguns recursos que podem ser auxiliadores no processo de ensino de ciências, como a apresentação de dramatizações, uso de painéis, fluxogramas, etc.

## APÊNDICE I:

“Dênis, o Pimentinha” e a conservação de energia

(ReproduÇÃO do livro “The Feynman Lectures on Physics”, Vol I)

Reprodução do texto “Dênis o pimentinha” escrito por Feynman, onde ele descreve o significado de conservação da energia. Este texto pode ser trabalhado através de uma leitura feita em sala de aula e discutido entre professor e alunos.

*Imagine uma criança, chamada “Dênis, o Pimentinha”, que possui cubos absolutamente indestrutíveis e que não podem ser divididos em pedaços. Todos são idênticos. Suponhamos que possui 28 cubos. Sua mãe o coloca com seus 28 cubos em um quarto no início do dia. No final do dia, sendo curiosa, ela conta os cubos com cuidado e descobre uma lei fenomenal - não importa o que ele faça com os cubos, restam sempre 28! Isto prossegue por vários dias, até que um belo dia só há 27 cubos, mas uma pequena investigação mostra que um deles foi parar debaixo do tapete - ela tem de procurar por toda parte para se assegurar de que o número de cubos não mudou. Um dia, porém, o número parece mudar - só há 26 cubos. Uma investigação cuidadosa indica que a janela foi aberta e, após uma procura lá fora, os dois cubos são encontrados. Outro dia, uma contagem cuidadosa indica que há trinta cubos! Isto causa uma consternação considerável, até que descobre que Bruce fez uma visita, trazendo consigo seus cubos, e deixou alguns na casa de Dênis. Depois de se desfazer dos cubos extras, a mãe fecha a janela, não deixa Bruce entrar e, então, tudo vai as mil maravilhas, até que um dia ela conta os cubos e só encontra 25. Entretanto, há uma caixa no quarto, uma caixa de brinquedos, e, quando a mãe tenta abri-la, o menino protesta: “Não, não abra minha caixa de brinquedos”. A mãe não pode abrir a caixa de brinquedos. Sendo extremamente curiosa e um tanto engenhosa, ela inventa um truque! Ela sabe que um cubo pesa 84 gramas: assim, pesa a caixa certa vez em que vê 28 cubos e descobre que seu peso são*

448 gramas. Da próxima vez que quer verificar o número de cubos, pesa a caixa de novo, subtrai 448 gramas e divide o resultado por 84. Descobre o seguinte:

$$\text{número.de.cubos.vistos} + \frac{(\text{peso.da.caixa}) - 448\text{gramas}}{84\text{gramas}} = \text{cte} \quad (*)$$

Passando algum tempo, parece haver novo desvio, mas um exame cuidadoso indica que a água suja da banheira está mudando de nível. O menino está jogando cubos na água e ela não consegue vê-los devido a sujeira, mas consegue descobrir quantos cubos há na água acrescentando outro termo à fórmula. Como a altura original da água era de 15 centímetros e cada cubo eleva a água meio centímetro, a nova fórmula seria:

$$\text{número.de.cubos.vistos} + \frac{(\text{altura.da.água}) - 15\text{centímetros}}{1/2\text{centímetros}} = \text{cte}$$

Com o aumento gradual da complexidade de seu mundo, ela descobre toda uma série de termos representando meios de calcular quantos cubos estão em lugares onde ela não pode olhar. Como resultado, encontra uma fórmula complexa, de uma quantidade que tem de ser calculada e que sempre permanece idêntica em sua situação.

## APÊNDICE II:

### A DESCOBERTA DA EQUIVALÊNCIA ENTRE CALOR E ENERGIA MECÂNICA

Em 1798 Conde Rumford fazendo furos em canhões do exército Prussiano demonstrou que o modelo do "calórico" não era adequado. Para conseguir furar os canhões ele utilizava uma espécie de "broca", que em contato com o canhão perfurava-o soltando pequenas partículas do metal (limalhas). Segundo a teoria do "calórico" descrita por Lavoisier, as limalhas liberariam o calórico e devido a isso o sistema se esquentava. Entretanto Rumford através de suas observações viu que mesmo quando sua broca estava "cega", e não mais conseguia perfurar os canhões, consequentemente não produzia mais as partículas de metais (limalhas), que era supostamente de onde vinha o "calórico". Ainda assim o sistema continuava esquentando. Então ele se deu conta que a explicação dada para o "calórico" não poderia estar correta. E foi então que o conde Rumford, mostrou em praça pública um experimento que fazia uma ferramenta cega girar sobre uma superfície metálica lisa, durante horas seguidas sem produzir partícula alguma de metal, e ainda assim produzindo tanto calor, que a água utilizada para resfriar o sistema fervia e se transformava em vapor. Rumford provou desta forma que o movimento por si só gera calor, isto é, ele percebeu de que energia térmica e energia mecânica deveriam ser dois aspectos distintos de uma mesma grandeza .

## APÊNDICE III

### PLANO DE AULA I

(Experiência retirada de Gaspar, 1990)

Título: Circuito elétrico simples

Conteúdo: Energia armazenada em uma pilha. propriedades do material (condutores ou isolantes). movimento de elétrons. energia elétrica.

Série/Turma: 7 série/ 701

Tempo necessário: uma aula para a coleta de dados e uma aula para as discussões

#### Introdução

A pilha é um armazenador de energia, que transforma a energia gerada em reações químicas internas em energia elétrica. Essas reações químicas se desenvolvem quando se ligam os terminais ou pólos da pilha, o que ocorre quando se fecha o circuito. Quando isso ocorre, um dos pólos da pilha passa a ceder elétrons ao circuito (pólo negativo) e outro (pólo positivo) passa a retirar elétrons do circuito. Numa analogia simplificada, pode-se dizer que a pilha funciona como se fosse uma bomba hidráulica que faz os elétrons circularem pelo circuito, ou como o coração, que faz o sangue circular pelo corpo. Quando os elétrons passam pelo filamento da lâmpada, este se aquece e passa a emitir luz.

Ao interromper o circuito, cortando os fios em alguma parte do sistema, os elétrons não conseguem mais chegar ao outro pólo da pilha, e a energia não é transferida. Entretanto pode-se observar que se ligarmos materiais metálicos as partes interrompidas do sistema a

lâmpada novamente emite luz. O metal funciona como o pedaço do fio interrompido. O fluxo de eletros no circuito é denominado corrente elétrica.

### Objetivos

O aluno deve compreender a possibilidade de armazenamento de energia, assim como a sua importância. Entender que a energia pode ser transferida e transformada. (no exemplo, transferida através dos fios, e transforma de energia química para energia elétrica. Pode-se além disso introduzir conceitos de propriedades da matéria, como por exemplo a condutividade elétrica dos materiais.

### Recursos didáticos

Um aparato experimental

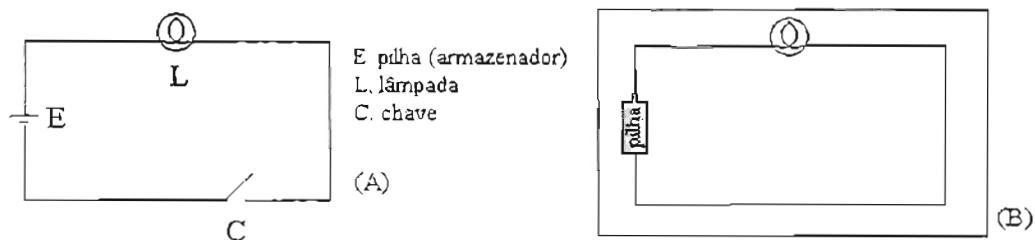


Figura 13: (A) – Circuito simples representado esquematicamente. (B) – Circuito elétrico simples: O suporte de pilha, o bucal e os fios são presos a uma base de madeira.

### Desenvolvimento da atividade/procedimentos

A atividade consiste de três etapas:

(A) – Apresentação do circuito.

(B) – Observação do circuito cortando-se o fio em algum ponto.

(C) – Observação do circuito unindo-se as duas extremidades do fio a diversos tipos de materiais.

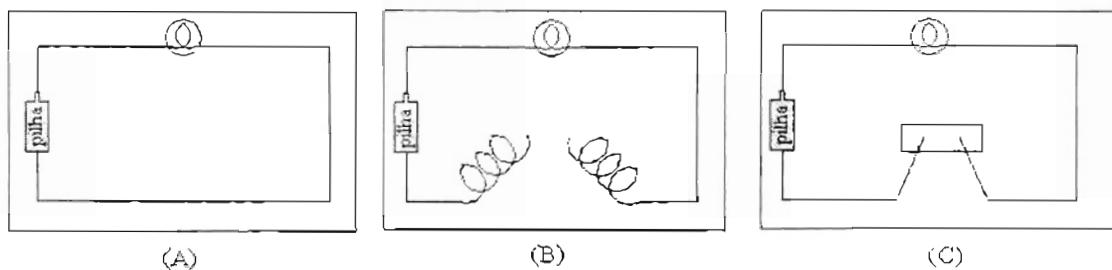


Figura 14: (A) – Circuito elétrico simples: O suporte de pilha, o bucal e os fios são presos a uma base de madeira.

(B) – As extremidades do fio, são cortadas e desencapadas. (C) – Um material é conectado nas duas extremidades do fio.

O circuito deve ser apresentado. O fio deve ser interrompido em algum ponto, as extremidades do fio devem ser desencapadas para que sirvam como chave, ligando e desligando o circuito. Deve-se encostar as pontas desencapadas do fio a vários tipos de materiais, e verificar se estes são condutores ou isolantes.

#### Avaliação

Além de poder avaliar os conteúdos de procedimentos e atitudes, nas várias etapas, o professor poderá avaliar a capacidade dos alunos de coletar e de organizar dados experimentais, a habilidade de interpretá-los e de relacioná-los e, por fim, de argumentar, uma vez que todos deverão propor explicações o fenômeno observado. Um relatório individual pode ser pedido a fim de que os alunos expressem por escrito as suas opiniões pessoais.

## PLANO DE AULA 2

Título: Pagando a conta da eletricidade

Conteúdo: Potência e energia.

Série/Turma: 8 série/ 801

Tempo necessário: uma aula para trabalhar os conteúdos, uma aula para realização de atividades, e uma aula para as discussões.

### Introdução

Potência é a taxa de variação da energia, ou seja, energia gasta por unidade de tempo. A unidade de potência é o Watt (W), definido como  $1\text{ W} = 1\text{ Joule/segundo}$ . Uma lâmpada de 100 W brilha mais do que uma lâmpada de 60 W, mas o consumo de energia em ambos os casos depende de por quanto tempo as lâmpadas ficam ligadas. O kilowatt-hora é comumente utilizado na indústria elétrica como unidade de energia. Por exemplo na conta de luz a energia consumida ao longo de um mês vem em kilowatt-hora. O kilowatt-hora não é unidade de potência, mas sim de energia. Apesar de ter o termo Watt de potência, uma vez multiplicado pelo tempo, se torna energia. Se  $\text{potência} = \text{energia} / \text{tempo}$ , pode-se dizer que  $\text{energia} = \text{potência} \times \text{tempo}$ . Na indústria elétrica utilizar o kW-hora é muito conveniente porque é a energia equivalente a uma potência de 1 kW durante uma hora. A conversão do kW-hora para Joule é:  $1\text{ kW-hora} = (1000\text{J/s}) \cdot (1\text{h}) \cdot (60\text{min/h}) \cdot (60\text{seg/min}) = 3600000\text{ J} = 3,6 \times 10^6\text{ J}$ .

### Objetivos

O aluno deve calcular a partir da sua conta de luz quanto custa uma lâmpada acesa durante o jantar, por exemplo, uma l

## Recursos didáticos

Cada aluno deve trazer uma conta de energia.

## Desenvolvimento da atividade/procedimentos

A partir de uma conta de energia, erradamente chamada de "conta de luz", o aluno deve aprender a calcular quanto custa a energia utilizada por uma lâmpada de 100 W que ficou acesa durante uma hora.

Nota Fiscal - Série 1						JUN/2003
Conta de Energia Eletrica						
AMENAIDE L D L MONTEIRO						
CPF : 098.298.227-53						
HUMAITA 234 BL 1 AP1102						
CEP 22261-001 HUMAITA / RIO DE JANEIRO						
047 SERV. COS DE ELETRICIDADE SA						
AV. 4 DE JUNHO 168 RIO DE JANEIRO RJ CEP 20080-002						
60 437 0001-46						
INSC ESTADUAL 81380 023 INSC MUNICIPAL 00794678						
Lote	Loca	Lote	Instalação	Data de Entrega	Data de Entrega	
20	500	01007	04064	01/07/2003	02/07/2003	
ENERGIA ATIVA						
Número	Medição Atual	Medição Anterior				ENERGIA REATIVA
Mês	Data	Leitura	Data	Leitura	Corret.	Referência
2311202	27/06/2003	1866	29/05/2003	1633	1	233 29
						8.03
						Número da Nota Fiscal
						Número do Cliente
RESIDENCIAL TRIFÁSICO		175894515		146927180		1758945V
DESCRICA						
		UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNIFRS	VALDRRS	
FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA		kWh	233	0.36830	85.81	
ENCARGO DE CAPACIDADE EMERGENCIAL		kWh	233	0.00702	1.63	
ICMS RS	ISS RS	TOTAL DA NOTA FISCAL		TOTAL A PAGAR RS		
Base de Cálculo	87,44	*****87,44		*****87,44		
Aliquota	18%					
Valor não incluído no preço	15,73					

Deve-se identificar na conta de luz os campos correspondentes ao consumo mensal e o valor total da conta. Na conta acima nota-se que houve um consumo de 233 kWh, e o valor pago é de R\$ 87,44. Logo, o preço de 1 kWh =  $87 \div 233 = 0.36$  centavos. Uma lâmpada de 100 W acesa por 1 hora consome 1000 Wh de energia = 1 kWh. Logo, conclui-se que o valor a ser pago será de 0,36 centavos.

## Avaliação

O professor deve: é observar o desenvolvimento do trabalho feito em sala de aula, gerar uma discussão sobre o tema e pedir uma descrição da tarefa realizada.

## APÊNDICE IV:

### CLASSIFICAÇÃO DOS CONCEITOS PRÉ-EXISTENTES

Esta atividade tem como objetivo principal, entender como os alunos pensam o tema proposto e a que situações estes relacionam o tema energia. É apresentado um painel que contém diversos desenhos que representam diferentes formas de energia. Este painel deve ser apresentado ao aluno, e este deverá apontar quais das situações apresentadas se relacionam com energia.

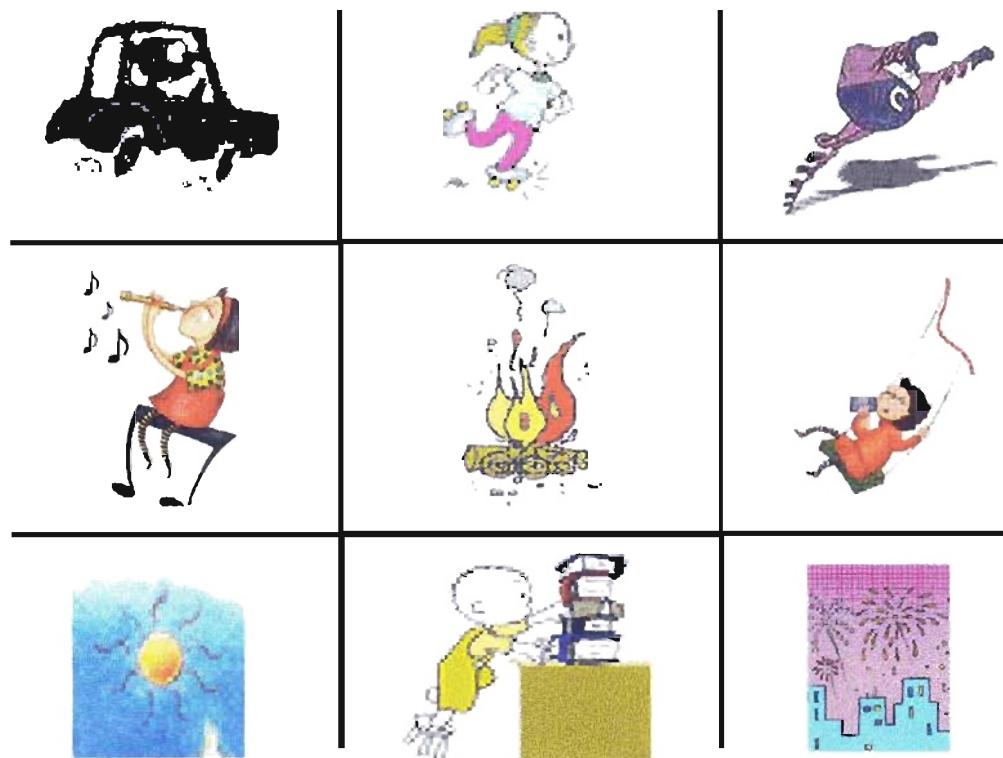


Figura 14: Exemplo de painel que pode ser apresentado em sala de aula, na busca de uma melhor compreensão de como os alunos entendem o tema energia.

## APÊNDICE V

### Organizador Prévio 1: Dramatização

#### **Uma entrevista com a “Dona Energia”**

*Dramatização desenvolvida a partir de um texto de Figueiredo e Pietrocola (1998), onde o autor faz uma entrevista com a Energia*

#### **Cena 1 – A sala de Aula**

- a) O professor de ciências pede que os alunos pensem sobre os fenômenos ocorridos na natureza.
- b) As crianças se dividem em grupos de cinco.
- c) O sinal da escola avisa que é hora do recreio.

#### **Cena 2 – A hora do recreio**

- a) Rui, Edu, Bia, Luca e Sara correm para o pátio da escola.
- b) É primavera e o sol ilumina as flores.
- c) Eles se sentam em círculo perto de um jardim de margaridas.

**Edu**

- Sobre o que vamos falar?

**Sara**

- Sobre as coisas que acontecem na natureza!

**Edu**

- Isto eu já sei. É que tem tanta coisa para falar que...

**Luca**

(eufórico)

- Tem as plantas, os animais, os oceanos, o universo...

**Bia**

- É. Acho que nosso trabalho vai ficar imenso.

**Rui**

- E se pensarmos em algo que está presente em todas as coisas.

*As crianças se entreolham.*

**Luca**

- Boa idéia! Mas o que pode estar presente em todos os lugares?

*Uma voz rouca surge do meio do canteiro das flores:*

**Voz**

- Alguém me chamou?

**Sara**

(assustada)

- Vocês ouviram alguma coisa?

*As crianças se entreolham com uma expressão preocupada.*

**Voz**

- Eu estou aqui.

**Bia**

(interrogativa)

- Quem está aí?

*Os meninos olham para o canteiro de flores a procura da identidade da voz.*

*Encontram uma luz brilhante sem uma forma definida.*

**Rui**

(doce)

- Quem é você?

**Voz**

- Todos me chamam de Energia

**Luca**

(desconfiado)

- Então quer dizer que este não é o seu verdadeiro nome?

**Energia**

- Para dizer a verdade eu não tenho um único nome.

**Bia**

- Então como as pessoas te chamam?

**Energia**

- As pessoas me chamam como acham melhor. Às vezes até com algum nome mais comprido do tipo:  
energia térmica, energia elétrica, energia química...

**Sara**

- Quer dizer que além de nome você tem sobrenome?

**Energia**

- Não são bem sobrenomes. São apenas nomes mais longos.

**Edu**

(confuso)

- Explica melhor...

**Energia**

- Quando falamos em sobrenome, podemos pensar em um grupo de indivíduos que se divide em famílias, como ocorre com as pessoas. Mas, na verdade, sou uma única entidade. O complemento serve apenas para identificar a forma que eu me apresento.

**Luca**

(nervoso)

- Esta conversa está muito complicada. Você não poderia me dizer mais claramente quem é você?

**Energia**

- O grande problema é que eu até poderia te dar uma definição sobre o que eu sou. Mas isto não esclareceria nada.

**Rui**

- Então como vamos descobrir o que ou quem você é?

**Energia**

-Está bem. Vou tentar de uma forma mais fácil.

**Bia**

(dengosa)

-É melhor você ir se explicando direitinho.

**Energia**

-Vocês já devem ter ouvido alguém falar coisas do tipo: "ontem faltou energia", "aquele garoto tem muita energia", "carboidratos fornecem muita energia".

*Sara sorri.*

**Sara**

(sorridente)

-Já sim... Eu mesma vivo dizendo estas coisas.

**Luca**

-Quer dizer que quando dizemos estas frases estamos falando de você?

**Energia**

-Estão sim.

**Rui**

(curioso)

-Em que outras situações você é mencionada?

**Energia**

- Vou dar como exemplo algumas frases encontradas em jornais, noticiários, revistas, etc. "O sol é a nossa maior fonte de energia", "precisamos economizar energia elétrica", "os Estados Unidos possuem muitas bombas nucleares", "temos que cuidar do nosso planeta, procurar fontes de energia não poluentes"

**Edu**

(conclusivo)

-Você deve ser muito importante?

**Energia**

-Sem dúvida.

*Rui chega mais perto e fala baixinho.*

**Rui**

-Você apareceu na hora certa. Pelo visto você está mesmo presente em todas as coisas.

**Energia**

- É. Mas muitas mudanças podem ocorrer devido à dificuldade de me obter. Hoje, governos do mundo inteiro têm como grande preocupação desenvolver um meio de me obter em abundância e a preços baixos.

**Sara**

-E por que você é tão importante?

**Energia**

-Um dos motivos é porque sou relacionada à capacidade de realizar tarefas.

**Bia**

-Você pode nos explicar um pouco melhor?

**Energia**

-Quando comemos algum alimento energético, está se preparando para uma tarefa difícil ou quando ligamos um aparelho na tomada estamos requerendo energia das usinas.

Em todos estes exemplos o que está em jogo é a relação entre mim (energia) e as tarefas a serem realizadas.

**Edu**

-Então você realiza tarefas?

**Energia**

-Quem realiza tarefas são os corpos. Sou apenas uma forma de indicar a possibilidade de isto acontecer.

**Juliana**

(contente)

-Com tantas pessoas se referindo a você acho que vou começar a entender melhor.

**Energia**

-Não é bem assim. Tome cuidado existem muitas pessoas usando meu nome de forma incorreta. Às vezes até para explicar o que elas não conhecem bem.

**Bia**

(confusa)

-Não entendi...

**Energia**

-Existem pessoas que dizem que algumas pessoas têm energia negativa ou que algum objeto, como pedras, medalhões, etc, tem energia positiva. Fico lisonjeada de ser citada mas até que os cientistas provem o contrário existem certos tipos de afirmações que não tem nada haver comigo.

Luca olha para o lado e coça a cabeça

**Luca**

-Será que eu vou conseguir entender tudo?

**Energia**

-Comece tentando entender o que os cientistas descobriram sobre mim até hoje.

**Rui**

-Acho que eles já descobriram muitas coisas.

**Energia**

-Eu brinquei de esconde - esconde com eles durante muito tempo. E durante muitos anos eu consegui ficar incógnita.

**Edu**

-Como assim muitos anos?

**Energia**

-Mais da metade da existência do homem na Terra.

**Sara**

-Como assim? Quantos anos você tem?

-A idade do universo.

*Bia fica zonza*

**Bia**

-Acho que vou desmaiar...

**Energia**

-Calma. É muito simples. À 15 bilhões de anos, toda a matéria e energia do Universo estavam contida em um espaço muito pequeno, com uma densidade e uma temperatura quase infinitas. Então este ponto explodiu, esta explosão é o que chamamos de "Big-Bang", e eu fui liberada, saindo em todas as direções.

**Rui**

(interessado)

-E o que aconteceu depois do "Big-Bang"?

**Energia**

-O universo começou a crescer em todas as direções, e continua crescendo até hoje.

**Luca**

-E aonde você entra nesta história?

**Energia**

-O fato é que com a explosão eu fui liberada. E continuo por aí até hoje. Toda a energia liberada no momento da explosão é o que eu sou até hoje.

*Bia respira fundo*

**Bia**

-E como você faz para estar presente em todos os lugares?

**Energia**

-Descubri que é só me disfarçar. Tenho o poder de me transformar em muitas formas, e muitas vezes as pessoas não me percebem.

**Sara**

-Mas você mesmo já me disse algumas formas em que você se apresenta.

**Energia**

-Sim. Em 1847 um cientista chamado Hermann Helmholtz, descobriu que eu tenho a capacidade de me disfarçar. Desde então, tenho sido o alvo de várias pesquisas. E isto é muito bom. Só desta maneira as pessoas podem saber um pouco mais sobre mim.

**Rui**

-Por que você não abre o jogo e conta logo todos os seus mistérios?

**Energia**

-Porque eu ainda quero guardar alguns segredos para os cientistas.

**Rui**

-Já entendi. Você não quer estragar o maior prazer da ciência. O de investigar tudo.

**Bia**

(animada)

-É e além disso, as pessoas necessitam da parte imaginativa.

**Sara**

(sorridente)

-Temos tantas coisas para falar em nosso trabalho.

**Edu**

(pensativo)

-É. Podemos começar falando de alguns disfarces da energia.

**Luca**

(eufórico)

-Depois falar dos cientistas que a estudaram.

**Bia**

(contente)

-Podemos falar também de algumas formas de energia alternativa

**Rui**

(conclusivo)

-E relacionar isto tudo com a natureza.

**Edu**

-É. Isso mesmo e a energia pode nos ajudar no trabalho. Não é energia?

**Edu**

-Energia?

*As crianças se olham em silêncio.*

**Sara**

-Energia?

**Luca**

-Energia onde está você?

**Bia**

-...ei cadê você? Energia?

*As crianças remexem o canteiro procurando a o foco de luz de onde vinha a voz rouca e delicada.*

**Rui**

-Acho que ela se transformou de novo. Partiu... disfarçada. Mas tenho certeza que ela ainda aparecerá em muitas citações.

**Sara**

-Agora vou ficar mais atenta para poder observar. e entender um pouco mais sobre ela.

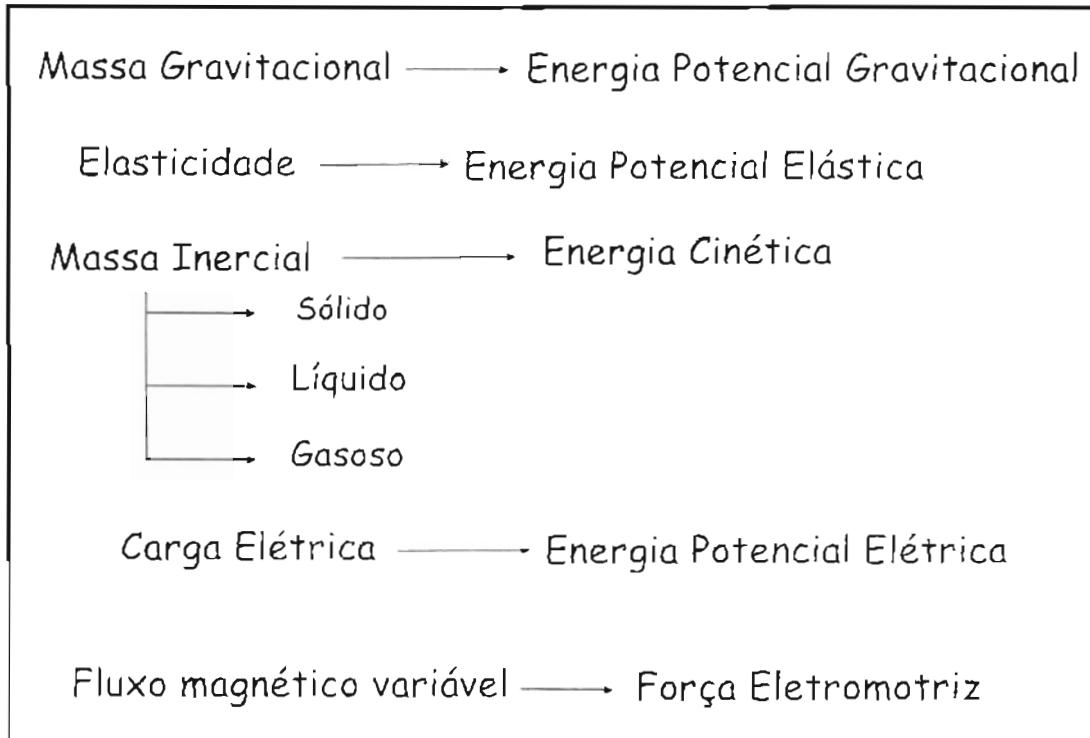
*O sinal toca, as crianças se levantam e correm em direção a sala de aula.*

**Fim**

## APÊNDICE VI

### Organizador Prévio 2: Painéis

Neste apêndice são apresentados diversos painéis que podem ser utilizados como organizadores prévios. São exemplificadas diversas formas de energia, comparações quantitativas do consumo de energia, transformações entre diferentes formas de energia, etc.



## Comparação quantitativa da Energia em diversas situações

Um atleta em exercício

(consumo em 1 seg) -  $200\text{ J}$

Energia proveniente

do sol em 1 seg -  $1,8 \times 10^{17}\text{ J}$

Lâmpada (consumo em 1 seg) -  
40 a 100 J

Energia absorvida pela  
superfície da terra em  
1 seg -  $0,85 \times 10^{17}\text{ J}$



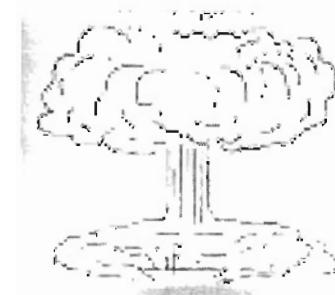
Ferro de passar  $10^3\text{ J}$   
(consumo em 1 seg)

Energia absorvida na atmosfera  
em 1 seg -  $0,34 \times 10^{17}\text{ J}$

Locomotiva (consumo  
em 1 seg) -  $10^7\text{ J}$

Movimento  
da Terra  $10^{29}\text{ J}$

Primeira bomba  
atômica  $10^{16}\text{ J}$

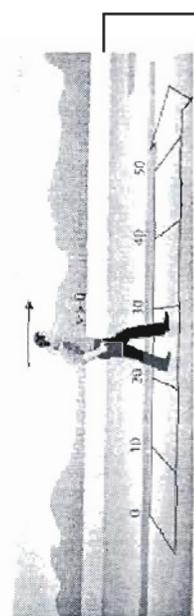


Fotossíntese terrestre  
(consumo em 1 seg) -  $9 \times 10^{13}\text{ J}$

## ENERGIA MECÂNICA

Energia Cinética ( $E=1/2 mv^2$ )

É a energia devido ao movimento

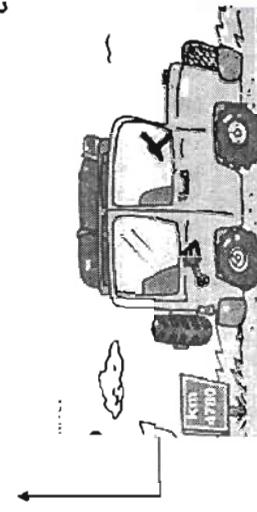


$$m=1000\text{kg}, v=60\text{km/h}$$

$$E_{\text{cinética}}=57\ 000\text{J}$$

$$m=60\text{kg}, v=5\text{km/h}$$

$$E_{\text{cinética}}=59\text{J}$$

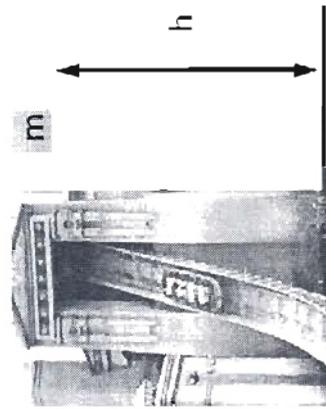


Energia Potencial

É a energia armazenada

Gravitacional ( $E = mgh$ )

Energia que o corpo adquire quando é elevado em relação a um determinado nível.



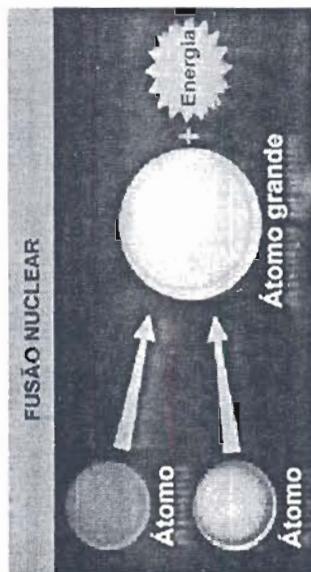
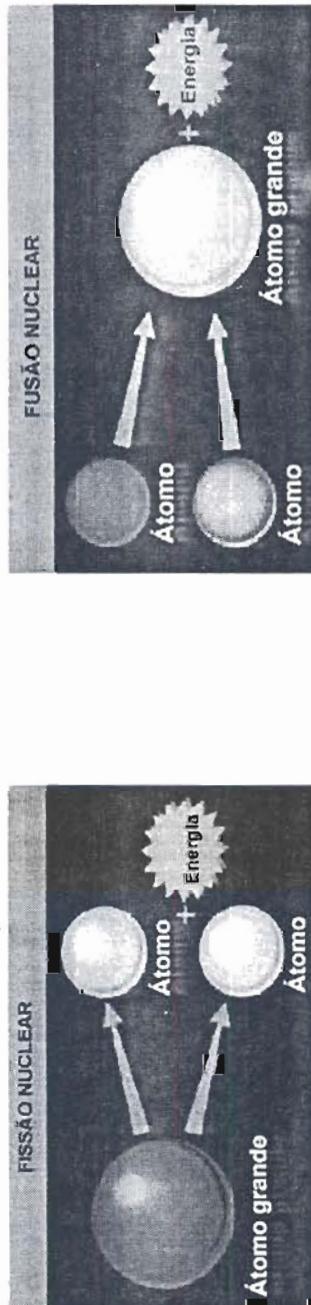
Elástica ( $E=kx^2/2$ )



Cálculo para os corpos em movimento uniforme

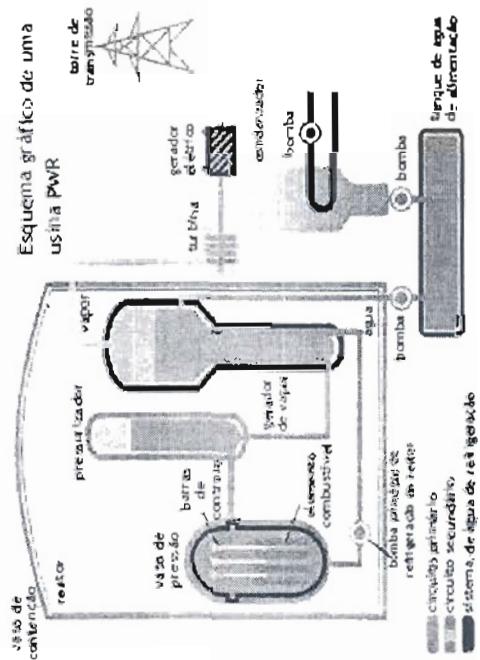
ENERGIA NUCLEAR

A energia que o n\'ucleo do \'atomo possui, mantendo pr\'oton e n\'eutrons juntos, denomina-se energia nuclear.



## Transformação: NUCLEAR-ELÉTRICA

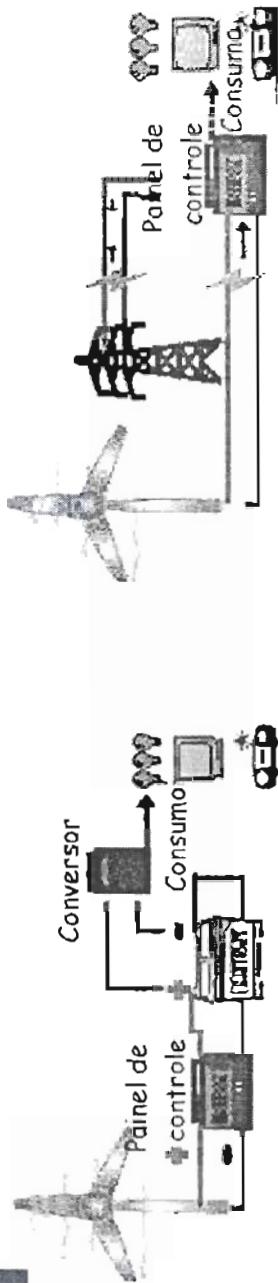
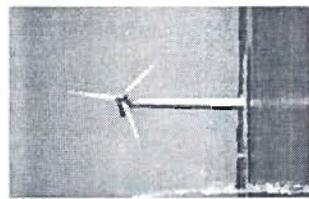
As usinas Angra I e Angra II são do tipo PWR (a água pressurizada). Veja Ao lado uma representação da Usina Angra I.



## ENERGIA EÓLICA

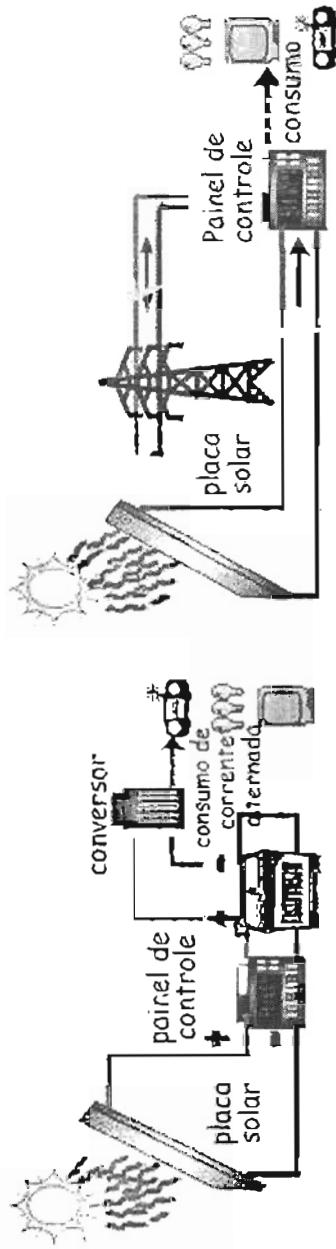
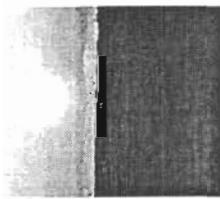
A energia dos ventos: causada pelas diferenças de pressão e temperatura das massas de ar, tem sua origem na absorção da energia solar

### Transformação: EÓLICA-ELÉTRICA



## ENERGIA SOLAR

### Transformação: SOLAR-ELÉTRICA

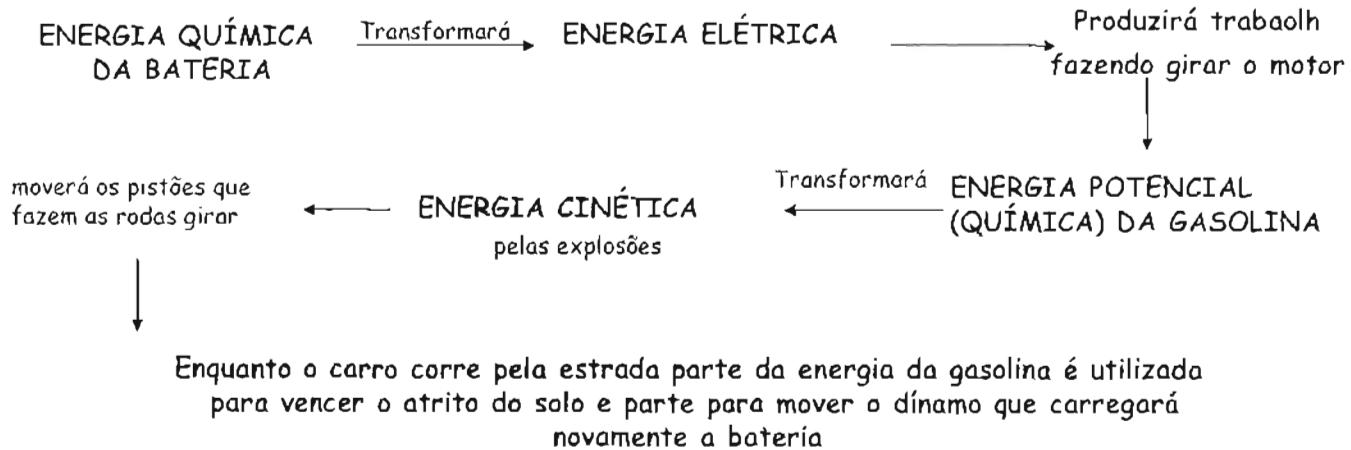


## EXEMPLO DO CONTROLE DAS MODIFICAÇÕES DE ENERGIA

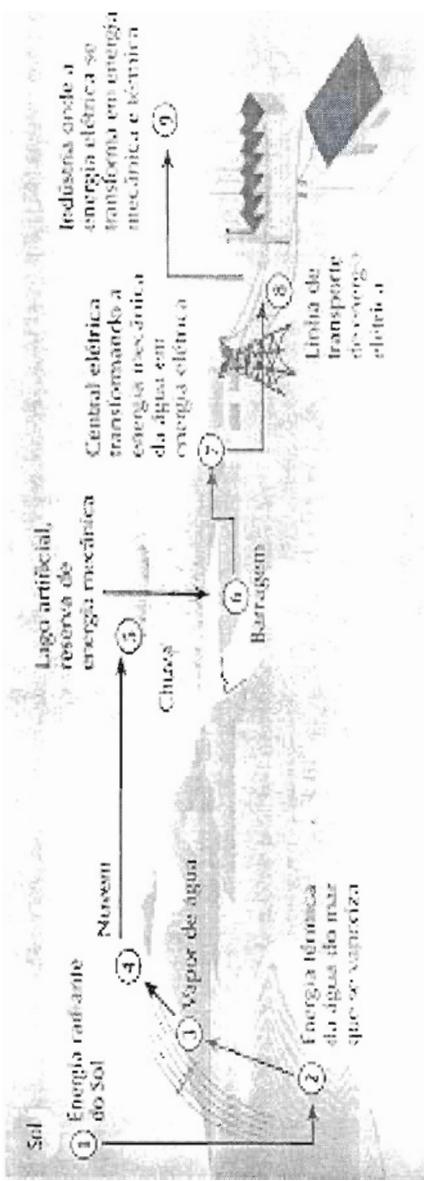


73

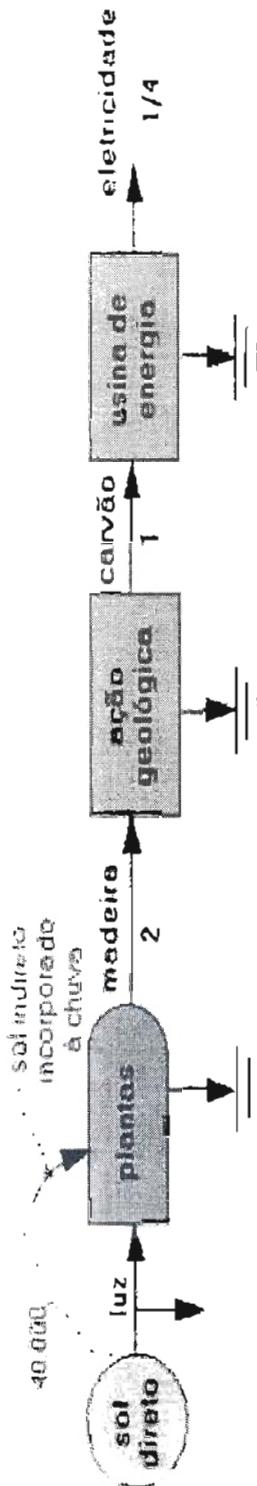
### LIGANDO O MOTOR DE UM CARRO...



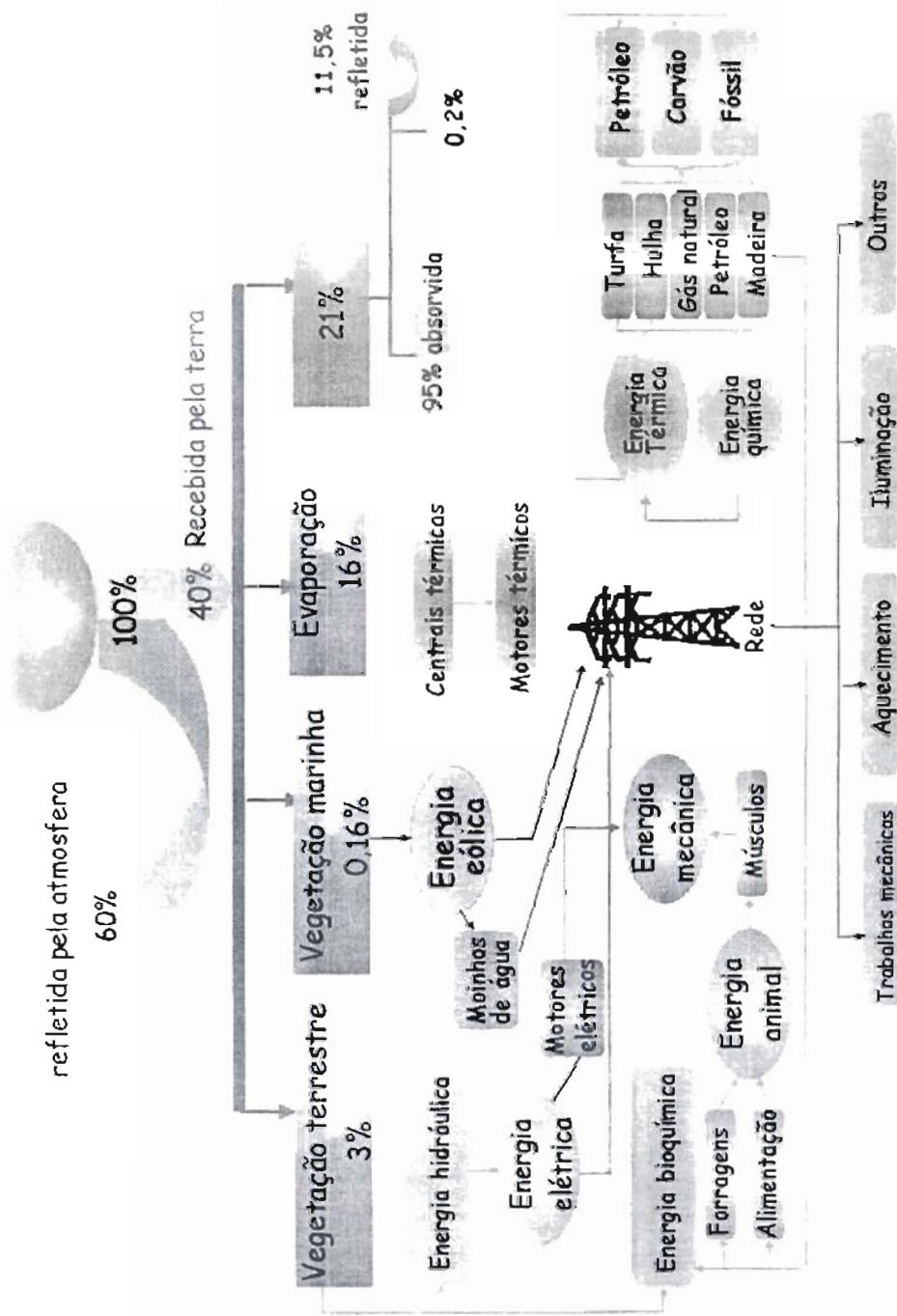
## FLUXO DE ENERGIA NA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE



Todas essas energias são utilizadas, muitas vezes em uma ação combinada como a produção de hidroeletricidade. A luz solar, de origem nuclear, evapora as águas, cujos vapores, por convecção, alcançam as nascentes dos rios. Represados, esses rios produzem potencial hidráulico que, sob a ação da gravidade, produz a força mecânica para acionar turbinas e gerar a energia elétrica, com a qual movem máquinas (energia mecânica). O aproveitamento da energia solar para geração de eletricidade pode ser sintetizado na figura abaixo.



O que acontece à parte da energia solar recebida pela terra



**Características das Principais Fontes Geradoras de Energia**

Fonte	Obtenção	Usos	Vantagens	Desvantagens
Petróleo	Matéria resultante de transformações químicas de fósseis animais e vegetais. Extraído em reservas marítimas ou continentais.	Produção de energia elétrica. Matéria-prima da gasolina e do diesel e de outros produtos como plástico, borracha sintética, ceras, tintas, gás e asfalto.	Domínio da tecnologia para exploração e refino. Facilidade de transporte e distribuição.	É um recurso esgotável. Libera dióxido de carbono na atmosfera, poluindo o ambiente e colaborando para o aumento da temperatura.
Gás Natural	Ocorre na natureza associado ou não ao petróleo. A pressão nas reservas impulsiona o gás para a superfície, onde é coletado em tubulações.	Aquecimento; combustível para geração de eletricidade, veículos, caldeiras e fornos; matéria-prima de derivados do petróleo.	Pode ser utilizado nas formas gasosa e líquida; existe um grande número de reservas.	É um recurso esgotável. A construção de gasodutos e metanários (navios especiais) para o transporte e distribuição requer altos investimentos. Influencia na formação de chuva ácida e na alteração climática.
Nuclear	Reatores nucleares produzem energia térmica por fissão (quebra) de átomos de urâno. A energia produzida aciona um gerador elétrico.	Produção de energia elétrica. Fabricação de bombas atômicas.	As usinas podem ser instaladas em locais próximos aos centros de consumo. Não emite poluentes que influem sobre o efeito estufa.	Não há tecnologia para tratar o lixo nuclear. A construção dessas usinas é cara e demorada. Há riscos de contaminação nuclear.
Hidro eletricidade	A energia liberada pela queda de grande quantidade de água represada move uma turbina que aciona um gerador elétrico.	Produção de energia elétrica.	Não emite poluentes. A produção é controlada. Não influencia no efeito estufa.	Inundação de grandes áreas, deslocamento de populações. A construção dessas usinas também é cara e demorada.
Carvão mineral	Máteria que resulta das transformações químicas de grandes florestas soterradas. Extraído em minas subterrâneas ou a céu descoberto em bacias sedimentares.	Produção de energia elétrica. Aquecimento. Matéria-prima de fertilizantes.	Domínio da tecnologia de aproveitamento. Facilidade de transporte e distribuição.	Influencia na formação da chuva ácida devido à liberação de poluentes como dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) e enxofre (SO <sub>2</sub> ) e óxidos de nitrogênio durante a combustão.
Eólica	O movimento dos ventos é captado por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico.	Produção de energia elétrica. Movimentação de molhinhos.	Grande potencial para geração de energia elétrica. Não influí no efeito estufa. Não ocupa áreas de produção agrícola.	Exige investimentos para transmissão da energia gerada. Produz poluição sonora. Interfere nas transmissões de rádio e TV.
Solar	Lâminas ou painéis recobertos com material semicondutor capturam a luminosidade recebida do Sol para gerar corrente elétrica.	Produção de energia elétrica. Aquecimento.	Não é poluente. Não influí no efeito estufa. Não precisa de turbinas ou geradores para a produção de energia elétrica.	Exige investimentos iniciais de relativa monta para o seu aproveitamento.
Biomassa	A matéria orgânica é decomposta em caldeiras ou em biodigestores. O processo gera gás e vapor que aciona uma turbina e move um gerador elétrico.	Aquecimento. Produção de energia elétrica. Produção de biogás ou gás natural (metano).	É fonte renovável. Sua ação sobre o efeito estufa pode ser equilibrada: o gás carbônico liberado durante a queima é absorvido no ciclo de produção.	Exige investimentos iniciais para o seu aproveitamento.

## BIBLIOGRAFIA

AZANHA, J. M. P. *Parâmetros Curriculares Nacionais e Autonomia da Escola*. (Simpósio Estadual de Educação de São Paulo(2001). Faculdade de Educação, USP.

BARROS, C. e ROBERTO W. *Física e Química (Ciências)*, 8<sup>a</sup> série. Editora Ática, 58<sup>a</sup> Edição (2002).

BOTELHO, M. G. *Introdução a obra de Jean Piaget: Desenvolvimento Psicogenético*. UFRJ, notas de aula. Psicologia da Educação II, UFRJ. (2002).

CARVALHO, A.M.P.de, VANNUCCHI, A.I., BARROS, M.A., GONÇALVES, M.E.R., Rey, R.C.de. *Ciência no Ensino Fundamental - O conhecimento Físico*, Editora Scipione, primeira edição (1998).

CÉSAR, SEZAR e BEDAQUE. *Ciência - Entendendo a Natureza - Matéria e Energia*, 8<sup>a</sup> série 18<sup>a</sup> edição. 1<sup>a</sup> triagem, Saraiva, 2001.

COLINVAUX, D. *Piaget na terra de Lílipit*, Faculdade de Educação Universidade Federal Fluminense (1993).

Endereços eletrônicos:

<http://www.unesco.org/>

<http://www.mec.gov.br/>

(<http://www.openglnetario.hpg.ig.com.br/bigbang.html>)

FEYNMAN, R. P.. *What is Science?*. The Physics Teacher, pp. 313- 320 (setembro/1969).

FEYNMAN R.P., Leighton R.B., and Sands M.. *The Feynman Lectures on Physics*. Vol. 1, 1970.

FIGUEIREDO, A. e PIETROCOLA, M. *Faces da Energia - Física de um outro lado*. FTD - 1998.

FREIRE, P. *Pedagogia da Esperança: um Reencontro com a Pedagogia do Oprimido*. Paz e Terra. 1992.

FREIRE, P. *Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. Paz e Terra, 1996.

GASPAR, A. *Experiências de ciências para o primeiro grau. coleção na sala de aula*. Editora Ática, 1990.

GOWDAK, D. e MARTINS, E. *Ciências 8a série - Natureza e Vida*. Editora FTD, 1999.

Harvard Project Physics. 1975. feito pela fundação Calouste Gubelkian, 1978.

HEWITT, P. G.. Física conceitual, 9<sup>a</sup> edição. Bookman. 2002.

KRASILCHIK, M. *As relações pessoais na escola e a avaliação*. CASTRO, A.D. de e CARVALHO, A.M.P.de., "Ensinar a ensinar", Didática para a escola fundamental e média. e. Pioneira, SP, 2001.

KUHN, T. S.. *A Tensão Essencial*. capítulo 3. Biblioteca de Filosofia Contemporânea, Edição 70. 1977.

MARTINS, I. G. R., COLINVAUX, D. and BARROS, S. S. *Classification of students conceptions about energy*. "Interamerican Conference of Physics Education". Networks in physics Education. Oaxtepec, Mexico. Julho de 1987.

MOREIRA, M. A.. *Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo:Centauro, 2002.

PEREIRA, D. C. e VALADARES, J. *Didática da física e da química*. vol 2. Universidade aberta. 1991.

PETZHOLD, L. F., GONZALEZ, M. e BARROS, S. S. *AS PILHAS, AS COISAS... E VOCÊ*. Curso de formação de Roteiristas para Divulgação Científica, CASA DA CIÊNCIA, fevereiro 18. 1998.

PIAGET, J. *A epistemologia Genética*. Editor Victor Civita (1983).

PCN - BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais - Mec / SEMTEC* - 2002.

PIAGET, J. *The Epistemology of Jean Piaget*, Yale University Media Design Studio Presents (1977).

PIAGET, J. e GRÉCO, P. *Aprendizagem e Conhecimento*. Biblioteca Universitária Freitas Bastos.

ROGERS, E. M. *Physics for inquiring mind*. vol.3, 1970.

ROMEIRO, A. et al. *Um olhar sobre a avaliação hoje*. MEC, SEED, Brasília, 2000.

SAGAN, C. *Cosmos*, Encyclopédia Galáctica Cosmos, vol. 2.