

CLÁUDIO HIROYUKI FURUKAWA

***A ENERGIA COMO UM TEMA DE ESTUDOS NO ENSINO DE  
FÍSICA DE NÍVEL MÉDIO: UMA ABORDAGEM  
INTERDISCIPLINAR E CONTEXTUALIZADA - Um estudo de  
caso***

Dissertação apresentada ao Programa  
Interunidades de Pós-Graduação em Energia  
(IEE/EP/IF/FEA) da Universidade de São Paulo  
para a obtenção do título de Mestre.

São Paulo

1999

CLÁUDIO HIROYUKI FURUKAWA

***A ENERGIA COMO UM TEMA DE ESTUDOS NO ENSINO DE  
FÍSICA DE NÍVEL MÉDIO: UMA ABORDAGEM  
INTERDISCIPLINAR E CONTEXTUALIZADA - Um estudo de  
caso***

Dissertação apresentada ao Programa  
Interunidades de Pós-Graduação em Energia  
(IEE/EP/IF/FEA) da Universidade de São Paulo  
para a obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Energia

Orientador:

Murilo Tadeu Werneck Fagá

São Paulo

1999

Furukawa, Cláudio Hiroyuki

A Energia como um tema de estudos no ensino de Física de nível médio: uma abordagem interdisciplinar e contextualizada - um estudo de caso. São Paulo, 1999.

197p.

Dissertação (Mestrado) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (IEE/EP/IF/FEA) da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Energia.

1. Energia: a evolução do seu consumo. 2. Demonstrações ilustrando algumas fontes de energia. 3. Atividades experimentais abordando usos finais de energia. 4. Programas educacionais de combate ao desperdício de energia. I. Universidade de São Paulo. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia.

A minha esposa Lueli e aos meus  
filhos Fábio e Rogério.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Murilo Tadeu Werneck Fagá, pela orientação deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Fuad Daher Saad, pelas valiosas sugestões e constante incentivo.

Ao Diretor do IFUSP, Prof. Dr. Silvio Roberto de Azevedo Salinas, por oferecer a oportunidade de concluir este trabalho.

Aos professores da Comissão dos Laboratórios Didáticos: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Nobuko Ueta, Prof. Dr. José Henrique Vuolo, Prof. Dr. Manoel Tiago Freitas da Cruz e Prof. Dr. José Carlos Sartorelli, pelos constantes apoio e incentivo.

À professora Kazue Yamada Ferreira dos Santos, ao Prof. Dr. Wayne Allan Seale e ao Sebastião Simionato, pelas revisões (português/inglês).

Ao Prof. Dr. Gil da Costa Marques, pela oportunidade de participar e colaborar no curso "Energia - a essência dos fenômenos".

Aos professores Paulo Yamamura e Romeo Ferreira dos Santos, pelas amizades e estímulos.

Aos técnicos Manoel Moura da Silva e Adélio Pereira Dias, pelos auxílios nas montagens experimentais, e aos técnicos Fábio de Oliveira Jorge, Marcus Vinícius de Sousa Lima e Dionísio Messias de Lima, pelos auxílios em informática.

A todos os amigos dos Laboratórios Didáticos, que direta ou indiretamente colaboraram na execução deste trabalho.

## SUMÁRIO

Lista de fotos	
Lista de figuras	
Lista de tabelas	
Resumo	
"Abstract"	
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2 ENERGIA: A EVOLUÇÃO DO SEU CONSUMO E A SUA IMPORTÂNCIA NA EDUCAÇÃO</b>	<b>5</b>
2.1 Breve histórico	5
2.2 Como a energia atualmente produzida é consumida?	6
2.3 A energia e os problemas ambientais: uma dimensão que desponta como um dos temas centrais da educação em todos os níveis de ensino	8
2.4 Energia e sociedade	10
2.5 O conhecimento e o domínio da energia ou a derrota da vida	10
2.6 A inserção da proposta nas novas Diretrizes Curriculares do Ensino Médio Brasileiro	12
<b>3 PROPOSTAS PARA A UTILIZAÇÃO DE DEMONSTRAÇÕES ILUSTRANDO ALGUMAS FONTES DE ENERGIA</b>	<b>15</b>
3.1 Formatando a proposta	15
3.2 A proposta	16
3.2.1 As formas de energia	18

3.2.2	As fontes de energia e suas origens .....	21
3.2.3	Alguns modelos experimentais de demonstração .....	26
3.2.3.1	Objetivos .....	26
3.2.3.2	Energia hídrica .....	28
3.2.3.2.1	O que explorar - Energia hídrica .....	35
3.2.3.2.2	Abordagem interdisciplinar - Energia hídrica .....	45
3.2.3.3	Energia térmica .....	50
3.2.3.3.1	O que explorar - Energia térmica .....	52
3.2.3.3.2	Abordagem interdisciplinar - Energia térmica .....	61
3.2.3.4	Energia eólica .....	65
3.2.3.4.1	O que explorar - Energia eólica .....	70
3.2.3.4.2	Abordagem interdisciplinar - Energia eólica .....	73
3.2.3.5	Energia Solar .....	76
3.2.3.5.1	O que explorar - Energia solar .....	79
3.2.3.5.2	Abordagem interdisciplinar - Energia Solar .....	82
<b>4</b>	<b>PROPOSTAS DE ALGUMAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS</b>	
	<b>ABORDANDO OS USOS FINAIS DE ENERGIA NO COTIDIANO .....</b>	<b>85</b>
4.1	Iluminação .....	87
4.1.1	Propostas de atividades experimentais.....	88
4.1.1.1	Medições de níveis de iluminância .....	88
4.1.1.2	Medições elétricas utilizando alguns tipos de lâmpadas .....	88
4.1.1.3	Índice de reprodução de cores .....	90
4.1.1.4	Radiações ultravioleta e infravermelha .....	94
4.1.1.5	Percepção de movimentos e a luminosidade .....	98

4. 1. 1. 6 Efeito estroboscópico das lâmpadas de descarga gasosa .....	101
4. 2 Refrigeração e congelamento .....	103
4. 2. 1 Propostas de atividades experimentais .....	103
4. 2. 1. 1 Carga térmica dos alimentos na geladeira .....	104
4. 2. 1. 2 Abertura da porta da geladeira .....	104
4. 2. 1. 3 Espessura das paredes da geladeira .....	105
4. 2. 1. 4 Camada de gelo no evaporador e poeira acumulada no condensador da geladeira .....	106
4. 2. 1. 5 Conclusão - Eficiência da geladeira .....	108
4. 3 Chuveiro elétrico .....	109
4. 3. 1 Propostas de atividades experimentais .....	109
4. 3. 1. 1 Consumos de energia e de água num chuveiro elétrico .....	109
4. 3. 1. 2 Eficiência de conversão energética de um chuveiro .....	110
4. 4 Forno de microondas .....	111
4. 4. 1 Propostas de atividades experimentais .....	112
4. 4. 1. 1 Produção de plasma, utilizando as microondas .....	112
4. 4. 1. 2 Eficiência de conversão energética de um forno de microondas .....	113
4. 5 Fogão a gás .....	114
4. 5. 1 Propostas de atividades experimentais .....	115
4. 5. 1. 1 Produção de vapor d'água na combustão .....	115
4. 5. 1. 2 Comportamento da temperatura durante as mudanças de fase .....	116
4. 5. 1. 3 Medindo a potência de uma chama .....	117
4. 5. 1. 4 Vaporização (evaporação e ebulição) .....	117
4. 5. 1. 5 Medindo a pressão e a temperatura no interior de uma panela de pressão ...	120
4. 6 Noções de higrometria .....	121

4. 6. 1	Psicômetro ou higrômetro de evaporação .....	122
4. 7	Choque elétrico: efeitos fisiológicos da corrente elétrica no corpo humano .....	126
4. 7. 1	Choque elétrico: corrente elétrica passando pelo corpo .....	126
4. 7. 2	Principais efeitos fisiológicos da corrente elétrica .....	129
4. 7. 3	Corrente de fuga em aparelhos eletrônicos .....	131
4. 7. 4	Efeito da frequência no choque de corrente alternada .....	135
4. 7. 5	Demonstrações com choque elétrico .....	136
4. 7. 6	Alguns exercícios .....	137
<b>5</b>	<b>PROGRAMAS NACIONAIS DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA - <i>CONPET E PROCEL</i> : PROJETOS SETORIAIS NA ÁREA DE EDUCAÇÃO .....</b>	<b>139</b>
5. 1	"O Conpet na escola" .....	141
5. 1. 1	O curso para professores .....	142
5. 1. 2	Considerações sobre o curso .....	147
5. 1. 3	A avaliação dos professores .....	147
5. 1. 4	Comentários sobre a avaliação .....	149
5. 2	"Procel nas escolas" .....	150
5. 2. 1	O curso de capacitação para multiplicadores .....	155
5. 3	Considerações sobre os cursos .....	157
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>158</b>
	<b>ANEXO 1: AS NOVAS DIRETRIZES CURRICULARES DO ENSINO MÉDIO BRASILEIRO (LDB – Lei 9394/96) .....</b>	<b>163</b>

<b>ANEXO 2: MATERIAIS E PROCEDIMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DE UMA USINA HIDROELÉTRICA .....</b>	<b>170</b>
<b>ANEXO 3: MATERIAIS E PROCEDIMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS MODELOS DE TURBINAS TÉRMICAS .....</b>	<b>172</b>
<b>ANEXO 4: MATERIAIS E PROCEDIMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE MODELOS DE GERADORES EÓLICOS .....</b>	<b>173</b>
<b>ANEXO 5: MATERIAIS E PROCEDIMENTOS PARA CONSTRUÇÃO DE MODELO DE PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>175</b>
<b>ANEXO 6: ASPECTOS GERAIS DA ILUMINAÇÃO .....</b>	<b>176</b>
<b>ANEXO 7: REFRIGERAÇÃO E CONGELAMENTO .....</b>	<b>183</b>
<b>ANEXO 8: CALOR LATENTE DE VAPORIZAÇÃO .....</b>	<b>190</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>193</b>

## LISTA DE FOTOS

3. 1 Modelo de uma usina hidroelétrica.....	28
3. 2 Garrafa plástica com água acoplada a um sistema de polias ligado a um motor/gerador .....	31
3. 2. 1 Sistema de polias e motor/gerador elétrico .....	31
3. 3 Bateria de 9 Volts ligado ao motor para elevar a garrafa .....	32
3. 4 A garrafa suspensa, quando desce, faz o motor/gerador girar, gerando energia elétrica que acende o <i>led</i> (diodo emissor de luz) .....	32
3. 5 A garrafa suspensa, quando desce, faz o motor/gerador girar, gerando energia elétrica que aciona o ventilador .....	33
3. 6 A garrafa suspensa, quando desce, faz o motor/gerador girar, gerando energia elétrica que acumula-se no capacitor .....	33
3. 6. 1 A energia elétrica acumulada no capacitor aciona o ventilador .....	33
3. 7 Turbina movido a vapor com caldeira feita de lata .....	50
3. 8 Turbina movida a vapor com caldeira feita de vidro .....	51
3. 9 Modelo de gerador eólico - gerador elétrico que utiliza um ímã girando próximo de uma bobina .....	65
3. 10 Gerador eólico utilizando uma hélice acoplada a um motor/gerador .....	66
3. 11 Gerador eólico - 3 hélices de plástico que fazem girar o eixo acoplado a um sistema de polias ligado a um motor/gerador, gerando energia elétrica que faz um rádio funcionar .....	68
3. 12 Hélice fixada a um eixo, que ao girar através do vento, enrola o fio que eleva a massa.....	69
3. 13 Painel solar fotovoltaico que pode ser ligado a um motor elétrico	

ou a um radio portátil .....	76
3. 14 Lâmpada de 200 Watts e frigideiras de alumínio - uma pintada de preto fosco e a outra, polida .....	77
4. 1 <i>Kit</i> experimental de medições .....	86
4. 2. 1 Fotografia iluminada com a luz proveniente de uma lâmpada incandescente comum .....	91
4. 2. 2 Fotografia iluminada com a luz proveniente de uma lâmpada fluorescente compacta .....	92
4. 2. 3: Fotografia iluminada com a luz proveniente de uma lâmpada de vapor de sódio .....	93
4. 3 Lâmpada fluorescente sem a camada de pó fluorescente .....	96
4. 4 Lâmpada incandescente comum .....	96
4. 5 Eletroscópio simples construído com alumínio e plástico .....	97
4. 6 A luz ultravioleta descarrega o eletroscópio quando ele está carregado com cargas negativas .....	98
4. 7 Estroboscópio e ventilador para demonstração do efeito estroboscópico das lâmpadas de descarga gasosa .....	102
4. 8 Ampola de vidro <i>pirex</i> contendo vapor d'água a baixa pressão .....	112
4. 9 Formação de estado de plasma no interior da ampola de vidro que está dentro de um forno de microondas ligado .....	113
4. 10 Psicrômetro ou higrômetro de evaporação .....	124

## LISTA DE FIGURAS

3. 1	Transformações de energia .....	25
3. 2	Transformação de energia hídrica em energia elétrica .....	36
3. 3	Produção de energia elétrica a partir de energia térmica .....	53
3. 4	Transformação de energia eólica em energia elétrica .....	70
3. 5	Transformação de energia solar em energia elétrica .....	79
3. 6	Esquema elétrico de um sistema solar fotovoltaico .....	81
4. 1	Esquema de um circuito para medições elétricas .....	89
4. 2	Pêndulo de Pulfrich .....	100
4. 3	Esquema de um psicrômetro ou higrômetro .....	123
4. 4	Mão segurando um fio "energizado" sem isolamento elétrico .....	128
4. 5	Uma pessoa sem isolamento elétrico e com as pernas dobradas, toca em um fio "energizado".....	128
4. 6	Aparelho elétrico hospitalar em paciente .....	132
4. 7	Aparelho elétrico com a carcaça metálica aterrada .....	133
4. 8	Aparelho elétrico sem fio terra .....	133
4. 9	Aparelho elétrico ligado a um transformador de isolamento .....	134
4. 10	Segurando os terminais de um transformador de isolamento .....	134
4. 11	Segurando um dos terminais de um transformador de isolamento .....	135
4. 12	Corrente elétrica em função da frequência .....	136
4. 13	Demonstração com choque elétrico controlado .....	137
5. 1	Organograma - PROCEL nas escolas e CONPET na escola .....	140
A6. 1	Características de uma lâmpada incandescente .....	177
A6. 2	Características de uma lâmpada de descarga (fluorescente comum) .....	177

A7. 1	Esquema de um sistema de refrigeração por compressão .....	184
A7. 2	Esquema do gabinete de uma geladeira .....	188
A8. 1	Crióforo de Wollaston .....	191
A8. 2	Ebulidor de Franklin ou "tesômetro" .....	192

## LISTA DE TABELAS

2. 1 Avanços cronológicos da potência desenvolvida .....	6
2. 2 Consumo de energia primária/R.E.V .....	7
2. 3 Principais problemas ambientais .....	9
3. 1 Tipos de turbinas hidráulicas .....	38
3. 2 Energia armazenada em algumas fontes .....	54
4. 1 Temperatura de ebulição em algumas localidades .....	118
4. 2 Temperatura de ebulição da água em função da pressão .....	119
4. 3 Tabela psicrométrica - umidade relativa do ar (%) .....	124
4. 4 Efeitos da corrente elétrica no corpo humano .....	127
A6. 1 Características de algumas lâmpadas .....	180
A6. 2 Iluminância em algumas situações .....	181
A6. 3 Níveis de iluminância recomendáveis em algumas situações .....	182
A7. 1 Perda térmica mensal em função da espessura das paredes de uma geladeira .....	189
A8. 1 Calor de vaporização e ponto de ebulição normal de algumas Substâncias .....	190

## RESUMO

No presente trabalho, é apresentado um estudo tendo como foco a Energia – a evolução do seu consumo, a produção e os seus usos finais – com o objetivo de delinear-se ações capazes de subsidiar o atual ensino de nível médio.

O estudo aponta para visíveis lacunas existentes nessa área (em especial, o ensino de física), basicamente livresco, desprovido de atividades experimentais e pouco ligado com a realidade vivencial do aluno.

A atual legislação aconselha mudanças no atual cenário do ensino, que devem apontar para melhor formação do futuro cidadão. Entretanto, dificilmente o professor poderá implementá-las sem o auxílio de modelos apropriados.

Nossos estudos aconselharam projetar *kits* experimentais com a finalidade de promover aspectos relevantes no processo de formação do estudante, dentre eles:

1. despertar o interesse pelos fenômenos explorados através de *kits* experimentais para demonstrações e medições;
2. articular a teoria que é normalmente explorada nos cursos regulares, com a realidade contextualizada do aluno;
3. desenvolver habilidades de estudo e fomentar o interesse por temas que se constituem em elementos relevantes da sociedade e do meio ambiente, bem como sobre o atual desenvolvimento tecnológico que ora presenciamos.

São feitas propostas para a realização de algumas atividades experimentais abordando os usos finais de energia no cotidiano e as análises consideradas pertinentes.

Também são analisados projetos educacionais de programas nacionais de combate ao desperdício de energia voltados basicamente para a sensibilização do cidadão com relação ao desperdício de energia.

Finalmente, discutem-se os resultados do presente estudo que apontam para a importância de prover-se o atual ensino de ferramentas de trabalho adequadas para melhor integrar o estudante no domínio de um tema tão importante como a Energia, com equipamentos de fácil confecção para melhor compreender e explorar o ambiente em que vivemos.

Além disso, como um resultado importante, apontamos para a necessidade de prosseguir-se e ampliar o presente estudo, explorando aspectos novos do tema abordado com o objetivo de dar suportes às atividades do professor (em especial, do professor de física) no ensino médio.

## ABSTRACT

In the present work, a study focused on energy is presented, - the evolution of its consumption, its production and its final uses - with the purpose of delineating actions which will support teaching at the intermediate level.

The study points out visible existent gaps in current teaching practices (especially, physics teaching), basically bookish, lacking any experimental activity and with little relevance to the student's everyday reality.

The present Brazilian legislation suggests changes in the current panorama of the teaching, in order to improve the education of the future citizen. However, without the aid of appropriate models, a teacher may have difficulties in implementing the changes.

Our studies led us to design experimental kits, for the purpose of promoting important aspects in the process of the student's education:

1. Awaken an interest in the phenomena explored with the experimental kits through demonstrations and measurements;
2. correlate the theory that is usually explored in the normal courses, with the student's everyday reality;
3. develop study abilities and to motivate the student in themes that constitute important elements of society and the environment, as well as in the context of the current technological development that we are witnessing.

Suggestions are made for the carrying out of some experimental activities, for which the final uses of energy in daily life and pertinent analyses are considered.

Educational projects of Brazilian national programs related to the wasting of energy are also analyzed, with the aim of making the citizen sensitive to this problem.

Finally, the results of the present study are discussed with respect to the importance of providing current teaching practices with tools adapted to integrating best the student in the domain of a theme as important as Energy, offering equipment which improves student understanding and helps to explore his environment .

An additional important result is the demonstration that there is a need for continuing and enlarging the present study, exploring new aspects of the approached theme, with the objective of supporting the teacher's educational activities (especially, of the physics teacher) at the intermediate level.

## 1 INTRODUÇÃO

A realização deste trabalho teve como principal motivação destacar a importância do tema ENERGIA na EDUCAÇÃO, como um possível foco de estudos apoiado nas novas diretrizes curriculares do ensino médio brasileiro, pensando principalmente na realidade atual do ensino.

A principal preocupação do ensino de nível médio tem sido a preparação para os exames vestibulares. Ela tem assumido o papel apenas de "ponte" de ligação entre o ensino fundamental e o ensino superior. Temas importantes como a ENERGIA ainda não têm merecido o devido destaque e não são explorados no ensino médio, como uma das principais preocupações da sociedade em várias vertentes, tais como as suas relações com as questões tecnológicas, econômicas, sociais, culturais, principalmente, com os problemas ambientais.

Há décadas, o ensino "livresco" e apoiado apenas no uso do giz e do quadro-negro, desligado do contexto do aluno, também têm merecido críticas de vários autores. Podemos constatar que, mesmo atualmente, estas críticas ainda são pertinentes, demonstrando que não houve mudanças significativas, como Saad e Neto:

*"A escola é um local, onde a maioria de nossos estudantes freqüentam, geralmente, contra suas vontades."... "Uma análise mais profunda, nos conduzirá à triste conclusão de que, o que se tenta ensinar em nossas escolas muitas vezes está tão distante ou dissociado da realidade vivencial do aluno, que as preocupações do mesmo não se situam em aprender, mas simplesmente em passar de ano."*(SAAD, 1977, p.8)<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> SAAD, Fuad Daher. *Análise do Projeto FAI – Uma proposta de um curso de física auto-instrutivo para o 2.grau*. São Paulo, 1977.

*"Observando certa vez um grupo de alunos do 2º grau que fazia uma visita ao laboratório de demonstração do IFUSP, no qual, para quem não o conhece, existe um número muito grande de montagens experimentais, cujo funcionamento desafia a lógica, encanta, deixando mesmo perplexos seus visitantes, ouvi o seguinte comentário de um dos alunos: "Se Física fosse isso aí, até eu iria estudar Física a vida inteira; o que a gente vê na escola não tem nada a ver com isso, é só um monte de conta e gráficos." Quando vejo um plano de ensino de Física que envolve contas e gráficos, penso que deve ser sustentado por aqueles que acreditam que o único papel do ensino de Física nas escolas de 1º e 2º graus, é o desenvolvimento do intelecto, da razão... Que ledo equívoco dobrado: achar isso e crer que com "seu método conseguiu esse pouco". Na realidade isto é o que se pode chamar de uma "proposta não estimulante" convicta". (NETO, 1988, p. 40)<sup>2</sup>*

O ensino deve e pode ser desenvolvido de forma *contextualizada* levando em conta a realidade e o cotidiano do aluno. A escola tem a missão de formar não só o cidadão do futuro, mas o cidadão atual que possa compreender o mundo, as novas tecnologias e conhecer os seus direitos e deveres para poder atuar na sociedade, desde já.

Os conhecimentos devem estar claramente relacionados à vivência do aluno, para que ele saiba *para que serve* o que se aprende na escola.

Um outro aspecto importante é a questão da *interdisciplinaridade* também destacada por alguns autores como Bôa Nova:

*"Para a construção de uma sociedade democrática, a questão da energia deve ser tratada de forma multidimensional, que aliás se reflete na sua presença em todas as atividades do homem. Essa pluralidade de dimensões requer uma abordagem*

---

<sup>2</sup> NETO, Aníbal Fonseca de Figueiredo. *A física, o lúdico e a ciência no 1º grau*. São Paulo, 1988.

*interdisciplinar, com o concurso e a interação de diferentes áreas do saber científico.*"(BÔA NOVA, 1997, p.932)<sup>3</sup>.

Para uma ampliação geral da visão do aluno, deve-se destacar a importância das questões ligadas à ENERGIA no processo educacional, em todos os níveis de ensino formal. Por tratar-se de um tema interdisciplinar, essencial para as ciências e para as milhares de aplicações tecnológicas, constitui elemento fundamental para a formação da cidadania conforme recomendam as novas diretrizes curriculares.

Por outro lado, sua importância para a EDUCAÇÃO também fica evidente pela presença e implantação de programas nacionais visando sensibilizar o cidadão para o combate ao DESPERDÍCIO DE ENERGIA, principalmente para ultrapassar barreiras, tais como, a falta de conhecimento e de informações do consumidor quanto às questões ligadas ao uso da energia.

Nesta dissertação, faremos uma análise descritiva de uma pesquisa, tendo como focos, o projeto, o desenvolvimento e a avaliação de "kits" experimentais, destinados a explorar os processos de geração de energia, os impactos sociais e ambientais e os usos finais.

Estes "kits" estão sendo projetados para melhor articular-se o ensino formal e o contexto cultural dos nossos estudantes, em que serão contemplados os aspectos conceituais, técnicos, interdisciplinares e contextuais dos temas explorados.

Além disso, não serão negligenciados os aspectos de sensibilização do estudante / cidadão para o tema energia, que se constitui a essência dos fenômenos.

---

<sup>3</sup> BÔA NOVA, Antônio Carlos. *Revista Ciência e Cultura*.39 outubro/97.

Faremos no segundo capítulo, um breve histórico do uso da energia pelo homem e trataremos de questões energéticas na sociedade contemporânea, destacando a importância de sua abordagem no ensino de nível médio.

No terceiro capítulo, apresentaremos a proposta de algumas atividades experimentais a serem concretizadas em sala de aula, com ênfase nas aulas de física, explorando principalmente a *interdisciplinaridade*, abordando os conceitos de energia e as suas transformações, os principais recursos de energia disponíveis, aspectos históricos e os impactos sociais e ambientais, dando exemplos de como o tema também poderia ser explorado em outras disciplinas do ensino formal. Houve a preocupação de, na medida do possível, propor experimentos simples em que se utilizam materiais de baixo custo e de fácil manejo.

No quarto capítulo, apresentaremos propostas de algumas atividades experimentais para serem executadas em sala de aula e em outros ambientes, tais como na própria residência do aluno, abordando os usos finais da energia (energia final) no cotidiano, principalmente aqueles do setor residencial.

Estas atividades visam principalmente explorar a *contextualização* do ensino do tema energia nas aulas de física.

No quinto capítulo, são feitas descrições e observações de programas educacionais de combate ao desperdício de energia, tais como o “Procel nas Escolas” e o “Conpet na Escola”<sup>4</sup>.

Finalmente, as conclusões com comentários sobre a implementação das propostas e crenças sobre futuros trabalhos deste tipo.

---

<sup>4</sup> “PROCEL nas Escolas” é um projeto de educação do Programa de combate ao desperdício de energia elétrica ligado à ELETROBRÁS e o “CONPET na Escola” é um projeto de educação do Programa nacional de racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural ligado à PETROBRÁS.

## 2 ENERGIA: A EVOLUÇÃO DO SEU CONSUMO E A SUA IMPORTÂNCIA NA EDUCAÇÃO

### 2.1 Breve histórico

Ao situar a Energia como centro do presente estudo, consideramos adequado inicialmente, focalizar a evolução de seu consumo através dos tempos, uma vez que ela se confunde com a própria evolução da humanidade.

Por outro lado, do ponto de vista educacional, ela pode constituir tema de estudos de várias disciplinas, cada qual com a sua abordagem específica.

Os estágios de desenvolvimento do homem, desde a pré-história até os dias atuais, podem ser correlacionados com a energia por ele consumida, ilustrando o consumo diário, *per capita*, em 6 estágios do desenvolvimento humano:

1. O homem primitivo, há aproximadamente 1 milhão de anos atrás, sem o uso do fogo, tinha apenas a energia dos alimentos que ele consumia (2000 kcal/dia).
2. O homem caçador, há aproximadamente 100 mil anos atrás, tinha mais comida e também queimava madeira para obter calor e para cozinhar.
3. O homem-agrícola primitivo, em 5000 a.C., já utilizava a energia animal.
4. O homem-agrícola avançado, em 1400 d.C., usava carvão para aquecimento, a força da água e do vento e o transporte animal.
5. O homem industrial, em meados de 1875, tinha a máquina a vapor.
6. O homem tecnológico, em meados de 1970, consumia 230 000 kcal/dia.

O crescimento da energia consumida, *per capita*, deve-se principalmente aos avanços da tecnologia que aumentaram a potência desenvolvida disponível para o homem como mostra a tabela a seguir:

Tabela 2. 1 Avanços cronológicos na potência desenvolvida.

CAUSA PRINCIPAL	DATA	POTÊNCIA DESENVOLVIDA (HP)
Homem usando alavanca	3000 a.C.	0,05
Boi puxando uma carga	3000 a.C.	0,5
Turbina de água	1000 a.C.	0,4
Roda d'água vertical	350 a.C.	3
Moinho de vento Turret	1600 d.C.	14
Bomba a vapor de Savery	1697 d.C.	1
Máquina a vapor de Newcommen	1712 d.C.	5,5
Máquina a vapor de Watt (terrestre)	1800 d.C.	40
Máquina a vapor naval	1837 d.C.	750
Máquina a vapor naval	1843 d.C.	1.500
Turbina de água	1854 d.C.	800
Máquina a vapor naval	1900 d.C.	8.000
Máquina a vapor (terrestre)	1900 d.C.	12.000
Turbina a vapor	1906 d.C.	17.500
Turbina a vapor	1921 d.C.	40.000
Turbina a vapor	1943 d.C.	288.000
Usina de eletricidade a vapor produzido pela queima do carvão	1973 d.C.	1.465.000
Usina nuclear	1974 d.C.	1.520.000

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

A usina de Itaipu, por exemplo, pode gerar até 13 GW de potência em 18 turbinas o que equivale a 17.433.000 HP.

## 2. 2 Como a energia atualmente produzida é consumida?

Há uma enorme diferença entre o consumo de energia, *per capita*, dos países industrializados e o dos países em desenvolvimento. Por exemplo, os EUA sozinhos, com 6% da população mundial, consomem 35% do total da energia consumida no mundo.

O Requerimento Energético Vital (R.E.V.) de uma pessoa adulta (em média igual a 2600 kcal/dia) é a energia necessária para a manutenção da sua vida. Atualmente o consumo de energia primária *per capita* no mundo está em torno de 17 R.E.V., ou seja, cada ser humano consome em média, cerca de 17 vezes mais energia do que necessita para sobreviver, para atender a outras necessidades energéticas, muitas delas essenciais, tais como aquecimento, iluminação, cocção, transporte, etc..

Evidentemente, como vimos anteriormente, esta relação muda de acordo com cada país:

Tabela 2. 2 Consumo de energia primária/R.E.V.

<i>PAÍS</i>	<i>CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA PRIMÁRIA/R.E.V.</i>
EUA	84
CANADÁ	86
MÉXICO	12
BRASIL	7
SAHEL	0,64
MUNDO	17

A Tabela 2. 2 mostra que existe uma enorme disparidade na distribuição do consumo de energia no mundo. Enquanto cada canadense consome em média 86 vezes mais energia do que 1 R.E.V., em Sahel cada pessoa consome menos energia do que necessita para sobreviver (menos de 1 R.E.V.).

As políticas energéticas no mundo inscrevem-se geralmente, em um quadro centralizador, em que a energia tende cada vez mais, a ser vista como uma mercadoria controlada por especialistas, a despeito da percepção discutível desta forma de ela ser tratada.

Neste trabalho, procuraremos situar estes cenários importantes para a formação de uma nova consciência para este importante tema.

Certamente estes aspectos poderiam ser abordados pelos professores de ensino médio, numa inserção aos temas transversais dos currículos escolares.

### **2.3 A energia e os problemas ambientais: uma dimensão que desponta como um dos temas centrais da educação, em todos os níveis de ensino.**

O meio ambiente em que vivemos altera-se continuamente, devido a “causas naturais”, como as estações do ano, as erupções vulcânicas, as manchas solares, os terremotos, etc. e as causas produzidas pelo homem.

Após a Revolução Industrial, no final do século XVIII, as ações do homem passam a agredir o meio ambiente de forma significativa, devido ao aumento populacional e ao aumento do consumo pessoal, principalmente dos países que começavam a industrializar-se.

O que caracteriza as mudanças ambientais, causadas pela humanidade a partir de então, é o fato de elas ocorrerem num curto período de tempo e muitas vezes, poderem ser percebidas em várias décadas seguintes.

De um modo geral, estes problemas têm um grande número de causas, mas a grande maioria delas está ligada diretamente à forma como a ENERGIA é produzida e utilizada.

Portanto, existe uma íntima relação de causa e efeito entre a ENERGIA e os PROBLEMAS AMBIENTAIS.

Por exemplo, a poluição do ar, a chuva ácida, o efeito estufa e as mudanças climáticas são devido, principalmente, à queima de combustíveis fósseis, como afirma Goldemberg:

“A principal causa dos problemas ambientais relacionados ao uso da energia é o emprego de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás) seja na produção de eletricidade, no setor de transportes ou na indústria. A produção de hidroeletricidade e a energia nuclear criam alguns problemas especiais. O uso de lenha nos países em desenvolvimento também é uma fonte importante de poluição. A maneira mais óbvia de resolver o problema é a remoção das causas, o que evidentemente, é uma tarefa muito difícil, pois os combustíveis fósseis respondem por mais de 90% do consumo atual de energia mundial.(...).”(GOLDEMBERG, 1998, p.135)<sup>1</sup>:

Tabela 2. 3 Principais problemas ambientais

PROBLEMA AMBIENTAL	PRINCIPAL FONTE DO PROBLEMA	PRINCIPAL GRUPO SOCIAL AFETADO
Poluição Urbana do ar	Energia (indústria e transporte)	População Urbana
Poluição do ar em ambientes fechados	Energia (cozinhar)	Pobres nas zonas rurais e periféricas
Chuva ácida	Energia (queima de combustível fóssil)	Todos
Diminuição da camada de ozônio	Indústria	Todos
Aquecimento por efeito estufa e mudança no clima	Energia (queima de combustível fóssil)	Todos
Disponibilidade e qualidade de água doce	Aumento populacional (lixo, esgoto, etc.), agricultura	Todos
Degradação costeira e marinha	Transporte e Energia	Todos
Desmatamento e desertificação	Aumento populacional, agricultura, Energia	Pobres nas zonas rurais
Resíduos tóxicos, químicos e perigosos	Indústria e Energia nuclear	Todos

Fonte: J. Goldemberg . *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*. pg. 62.

O desmatamento e a degradação do solo, a agressão à biodiversidade também podem ser atribuídos em grande parte, a sua utilização como recurso energético (caso da lenha ou da cana de açúcar).

Em algumas situações, a energia não tem um papel dominante, mas é importante de forma indireta, como na degradação costeira e marinha, causada pelos vazamentos de

<sup>1</sup> GOLDEMBERG, José. *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*, 1998.

petróleo. No caso de desastres e perigos ambientais, a energia nuclear é uma das grandes agressoras ao meio ambiente, como provou o acidente nuclear de Chernobyl.

Os principais problemas ambientais elencados dificilmente são objetos de atenção nos atuais currículos das disciplinas do ensino médio, embora suas implicações em nosso cotidiano são por demais evidentes, merecendo melhor atenção por parte dos nossos educadores.

#### **2.4 Energia e sociedade**

Numa análise da questão energética em seu conjunto, as implicações sociais também estão inevitavelmente presentes em temas tais como: as necessidades de energia da coletividade e das diferentes classes sociais, as políticas de desenvolvimento, os projetos de sociedade, o consumo de energia, o estilo de civilização e a qualidade de vida, etc.

Na educação a energia deixou de ser um tema exclusivo da área de ciências e de tecnologia. Numa visão mais global, conhecimentos de filosofia e sociologia também são importantes para a compreensão dos problemas atuais da sociedade que são essenciais para a formação geral básica, necessária para o exercício da cidadania.

#### **2.5 O conhecimento e o domínio da energia ou a derrota da vida.**

A Energia está se tornando, cada vez mais, um tema relevante, gerador de grandes problemas na sociedade e a EDUCAÇÃO poderá dar a sua contribuição para sua melhor compreensão e cooperar para superá-los.

Certamente, um dos grandes desafios para a humanidade, daqui para frente, será o controle da energia de modo sustentável diminuindo ao máximo a agressão ao meio ambiente.

Antes de mais nada, para enfrentar este problema, é importante abrir-se o debate sobre as tecnologias de conversão energética e trazê-lo para o ensino formal. Nunca é demais destacar que o aumento do ritmo de exploração dos recursos naturais agrava a destruição do meio ambiente, além de escassear-se tais recursos. As possíveis saídas seriam: melhorar o rendimento das cadeias de conversores além da valorização de recursos renováveis de baixo impacto ambiental e, também, controlar e reduzir a demanda social de energia nas áreas onde haja maior desperdício, o que, para tanto, é necessária a formação de cidadãos conscientes e críticos, o que exige que a educação passe a ter um papel relevante neste cenário.

De acordo com a política francesa dominante :“*La Maîtrise de L’énergie*”, ou seja, o conhecimento e o domínio da energia para o seu uso mais eficiente e mais consciente, torna-se uma visão mais adequada, ao contrário da visão imediatista que predomina em muitos países: “*Energy Management*” , na qual a energia é tratada como uma mercadoria, cuja comercialização é regulada por seu valor de troca e não por seu valor de uso, em que o cidadão é considerado um mero consumidor do "produto" energia.

Portanto, a EDUCAÇÃO para a cidadania é fundamental para o domínio do conhecimento de todos os aspectos relativos à ENERGIA , para que se apoiem políticas que procurem garantir um desenvolvimento sustentável reduzindo ao máximo os impactos sociais e ambientais, para garantir o bem estar das atuais e futuras gerações, além da própria existência da vida no planeta.

## **2. 6 A inserção da proposta nas novas diretrizes curriculares do ensino médio brasileiro.**

Nesse novo cenário, previsto pela Lei de Diretrizes e Bases da educação, a presente proposta procurará inserir-se nos aspectos nela contemplados. (Anexo 1).

As linhas gerais destas novas propostas estão definidas nos *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM)*. Elas guiam e orientam a escola e os professores na aplicação deste novo modelo, em que a *Educação agora é para a vida*.

Neste novo currículo, o fundamental é a compreensão dos conhecimentos para uso no dia-a-dia do aluno, preparando-o para perceber o mundo e atuar sobre ele, a partir da ação sobre sua comunidade.

Neste sentido, o foco do ensino visa à *formação da cidadania*, fazendo com que o estudante se torne uma pessoa crítica, criativa e versátil, capaz de continuar aprendendo e se adaptando às constantes exigências do mundo globalizado.

### **Interdisciplinaridade e Contextualização.**

Os novos Parâmetros Curriculares estão estruturados segundo dois princípios básicos: a Interdisciplinaridade e a Contextualização.

O interesse crescente na área da educação pelo problema da interação entre os conhecimentos de diferentes disciplinas, manifesta-se em muitos trabalhos<sup>2</sup>, com a preocupação fundamental de desencadear um processo de reorganização do saber, reagrupando informações, contribuições e dados das diferentes disciplinas, buscando uma convergência dos diferentes "saberes".

---

<sup>2</sup> Ver PEÑA, M. H. R. *O ensino de física para ciências da vida*.

Outros autores como Japiassu destacam a importância da interdisciplinaridade no ensino:

*"A interdisciplinaridade, levada a efeito nos domínios mais diversos, quer se trate de pesquisa, de ensino ou de realizações de ordem técnico, não é uma questão evidente que possa dispensar explicações e análises aprofundadas, mas um tema que merece ser levada em consideração e constituir um dos objetos essenciais da reflexão de todos quantos vêem na fragmentação das disciplinas científicas, um esfacelamento dos horizontes do saber".<sup>3</sup>*

A idéia básica da *Interdisciplinaridade* é, portanto, o de possibilitar a permeabilidade e a integração entre as diversas áreas e disciplinas através de temas transversais.

Segundo definição do MEC, os temas transversais são os relativos a meio ambiente, saúde, ética, trabalho e consumo, pluralidade cultural, cultura do jovem e orientação sexual.

Em nossa proposta, a Energia seria um tema transversal e poderia ser explorada de forma interdisciplinar como nos exemplos que serão ilustrados no capítulo II, articulando-se as várias abordagens e fazendo as conexões entre os conhecimentos a partir de um tema central.

A *contextualização* tem como princípio básico, aplicar os conhecimentos adquiridos pelo estudante, no contexto em que ele está inserido e onde irá atuar como trabalhador, cidadão e agente ativo de sua comunidade.

A preocupação com a contextualização no ensino também é destacada por alguns autores, como Neto

---

<sup>3</sup> JAPIASSU, H. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*

*"Lembramos o trabalho de Monteiro Lobato, onde a preocupação e o compromisso de transmitir informações à criança se faz presente, contextualizado em histórias agradáveis e sedutoras. Quem sabe, não deveriam ser assim os livros que buscam transmitir os conhecimentos científicos? Livros estes, que tentassem, juntamente com a preocupação de informar, desafiar, aguçar a curiosidade, despertar a criatividade e desenvolver a perspicácia na criança. Talvez, uma saudável mistura de contos de fada, com ficção científica.*

*Essa discussão precisa, sem dúvida, ressoar em todos os lugares em que habita a preocupação com a educação da criança, porém, um lembrete gostaríamos de deixar aqui: Se colocássemos a Emília em uma de nossas escolas de hoje, fatalmente se transformaria em boneca de pano".<sup>4</sup>:*

No Capítulo 4, serão propostas algumas atividades que procuram contemplar a *contextualização* do ensino, utilizando experimentos práticos do cotidiano, relacionados com alguns exemplos de usos finais de energia no setor residencial.

O tema Energia, portanto, pode ser estudado de modo que esteja inserido perfeitamente nos princípios básicos dos novos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio, que é o objetivo principal deste trabalho.

---

<sup>4</sup> NETO, Aníbal Fonseca de Figueiredo. *A Física, o Lúdico e a Ciência no 1º. Grau*

### **3 PROPOSTAS PARA A UTILIZAÇÃO DE DEMONSTRAÇÕES ILUSTRANDO ALGUMAS FONTES PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA**

#### **3.1 Formatando a proposta**

Nossas análises, feitas para caracterizar-se o atual ensino de energia, apontam para resultados já sabidos com relação ao ensino das ciências em geral:

- Aulas expositivas com ênfase em expressões matemáticas e exercícios que consistem em geral, em aplicações de fórmulas.
- Pouca ou nenhuma ênfase na experimentação / demonstração.
- Pouca ou nenhuma vinculação com o cotidiano do aluno.
- Abordagem de aspectos isolados dos grandes temas de Física: a cinemática na mecânica, as escalas termométricas na termodinâmica, a eletrostática no eletromagnetismo, etc. Neste contexto, o professor procura levar o estudante a compreender algumas fórmulas de alguns capítulos da física, sem vínculos perceptíveis com o mundo científico e tecnológico que envolve o dia-a-dia do estudante.
- As novas diretrizes para o ensino de física ainda constituem para a maioria de nossas escolas figura de retórica; nossos professores precisam preparar-se para implementá-las.

Como o quadro atual do ensino de física já é bem conhecido, entendemos ser adequado propor alternativas que se constituem nos objetivos do presente trabalho.

### 3.2 A proposta

O ensino atual privilegia, basicamente, a transmissão de informações. Enfatiza-se a memorização em detrimento da valorização de habilidades intelectuais necessárias para a formação do estudante para um novo e desafiador paradigma educacional.

Face às novas exigências educacionais, o presente trabalho pretende apresentar o desenvolvimento de um projeto, cujo tema central é a Energia e foi concebido para se valorizar o tripé: *domínio conceitual*, *domínio afetivo* e *domínio experimental*, com ênfase no desenvolvimento de *kits* experimentais, apoiando-se na interdisciplinaridade e contextualidade que o tema propicia.

#### *Domínio conceitual*

A escolha de alguns temas / conceitos geradores, permite-nos fazer um adequado recorte teórico / conceitual que podem ser melhor explorados através de *kits* experimentais.

Como exemplo, podemos citar as construções de modelos de usina hidroelétrica ou de turbina movido a vapor.

#### *Domínio afetivo*

Consideram-se relevantes os aspectos relacionados à motivação / sensibilização do estudante através do tripé - compreender / fazer / sentir, e que é a consequência desta articulação.

#### *Domínio experimental*

A interação do estudante com uma multiplicidade de situações associadas à ciência e à tecnologia, aconselha o desenvolvimento de metodologias que favoreçam o estudante

melhor conhecer o universo cultural em que está inserido e que ele procure ampliar, por meio de esforço próprio, seu horizonte cultural. Aprender a aprender – constitui um dos atuais desafios educacionais.

Acreditamos que, ao assimilar os conceitos desenvolvidos em determinadas atividades experimentais, o aluno, se desafiado, poderá partir para criação e projeção de outras atividades envolvendo aquele conceito ou relacionando-o com outros.

A própria construção de modelos e *kits* experimentais, é em si, uma atividade de grande conteúdo intelectual.

Entendemos que nossos estudantes devem e podem melhor explorar parte de nossa cultura científica, se dispuser de ferramentas que lhe permitam compreender adequadamente, temas básicos associados às ciências e suas aplicações.

O envolvimento do professor neste cenário é, da mesma forma, essencial.

Os *kits* a serem propostos não dispensam outros recursos básicos, tais como textos, recursos *multimídia*, desenvolvimento de projetos, etc..

A articulação de diversos cenários serão abordados a seguir, através de exemplos.

Vamos detalhar a forma como os *kits* experimentais poderão se constituir em elo de ligação destes distintos cenários.

Abordaremos as principais fontes para a produção de energia, inserindo a proposta nos novos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio contemplando, principalmente, a *Interdisciplinaridade*.

### 3.2.1 As formas de energia

A energia pode apresentar-se sob uma multiplicidade de formas. Entretanto elas se originam basicamente de três tipos de interações fundamentais conhecidas: a gravitacional, a eletromagnética e a nuclear subdividindo-se esta última em interações fortes e fracas.

Essas interações se traduzem em forças entre as partículas que constituem a matéria e que podem ser de atração ou de repulsão com ação à distância.

#### *A energia das ondas eletromagnéticas*

A energia do Sol é gerada pela fusão termonuclear de elementos leves especialmente o Hidrogênio, produzindo Deutério e, em uma fase seguinte, o Hélio. Nessa reação, uma parte da massa das partículas que interagem é transformada em energia, segundo estabelece a fórmula  $E = m.c^2$ , da Relatividade Restrita. Essa transformação é possível devido a temperatura e a força de atração gravitacional no interior do Sol, reduzindo a matéria em estado de plasma, em que os elétrons separam-se dos núcleos atômicos que são confinados fortemente, favorecendo a fusão.

A energia liberada pelo Sol por meio de ondas eletromagnéticas, irradiada para todos os lados, implica em uma enorme perda de massa diária, da ordem de trilhões de toneladas.

Uma pequena parte dessa energia chega à Terra especialmente sob luz visível.

Da energia solar derivam diversas outras formas de energia utilizáveis, tais como os combustíveis de todas as espécies. Os vegetais se desenvolvem, graças à fotossíntese e à ação da energia solar, formando uma importante fonte de energia, que é a biomassa.

Todos os combustíveis fósseis tradicionais como o carvão, o petróleo e o gás natural, são oriundos da transformação de seres vivos que foram decompostos há milhões de anos.

A energia solar é importante também para a energia hídrica e para a energia eólica, pois ela é responsável pelos ciclos de evaporação e de condensação da água que realimenta os cursos d'água e também um dos principais fatores para a formação dos ventos através da convecção do ar.

### ***A energia dos núcleos atômicos***

Outra forma de energia armazenada nos materiais é a energia nuclear, que é devido às forças de coesão entre os prótons e nêutrons dentro dos núcleos dos átomos. Essas forças de atração são do tipo de interação forte e é exclusiva do mundo subnuclear (interior do núcleo). As reações nucleares, em que partículas nucleares ou núcleos atômicos ao colidirem, dão origem a novos núcleos ou partículas, podem liberar uma energia milhares de vezes maior que a das reações químicas.

A maior liberação de energia é explicada pelo fato de as ligações nucleares (interações fortes) serem muitos mais intensas que as forças de ligações atômicas (interações eletromagnéticas), que são desfeitas ou formadas nas reações químicas.

Exemplos de reações nucleares com liberação de energia são a fusão e a fissão dos núcleos.

A fusão ocorre no Sol, nas estrelas e também nas explosões das bombas de Hidrogênio, cuja tecnologia de geração de energia para fins pacíficos, ainda se encontra em desenvolvimento. Caso o uso da energia da fusão nuclear passe a ser viável, esta permitirá o uso, na forma de "combustível", de núcleos de átomos leves e abundantes na natureza, como o Hidrogênio.

A fissão de núcleos usada nos reatores nucleares acontece quando certos elementos pesados passam a apresentar grande probabilidade de fissionar-se, quando são bombardeados de modo adequado por nêutrons. Na reação de fissão nuclear, após a

divisão do núcleo, há uma grande liberação de energia devido às intensas forças de coesão (atração) entre os elementos do núcleo.

### ***A energia química***

A energia armazenada nos combustíveis está sob forma de energia química. Esta energia é devido às forças de coesão dos átomos nas moléculas que constituem o material combustível. Essas forças de coesão são de natureza eletromagnética, pois é devido à interação entre elétrons entre si e entre elétrons e os núcleos dos átomos. A combustão é a reação química, em que os átomos de Carbono ou de Hidrogênio vão ligar-se ao Oxigênio liberando energia térmica (reação exotérmica).

Os principais combustíveis tem como origem, a biomassa que utiliza a energia do sol para a sua formação.

O carvão resulta da fermentação de vegetais fósseis processada durante milhões de anos conduzindo a uma perda de oxigênio.

O petróleo é produto da fermentação bacteriana de matérias orgânicas sob condições especiais, na qual os hidratos de carbono se transformam em hidrocarbonetos. Elas podem apresentar-se no estado líquido ou gasoso, deslocando-se facilmente sob a ação da pressão e da gravidade, se acomodando e sendo retidas em certas rochas porosas.

### ***A energia potencial gravitacional***

Vimos que há energia disponível devido a forças de interação eletromagnéticas e nucleares. Entretanto, existe uma outra forma de interação fundamental na natureza, decorrente das forças gravitacionais. Ela é importante quando as massas envolvidas são grandes, sendo desprezível no mundo subatômico e subnuclear.

A força de atração da gravidade terrestre é responsável pelas quedas d'água (energia hídrica). Há também a energia das marés relacionada às forças de atração gravitacional mútua entre a Terra e a Lua (energia das marés).

O movimento de rotação da Terra, a atração gravitacional da Terra sobre a massa da atmosfera que a envolve e também a energia solar, são responsáveis pela energia dos ventos (energia eólica).

### **3.2.2 As fontes de energia e suas origens**

A seguir, destacamos algumas das principais fontes exploradas, as mais utilizadas pelo homem para a obtenção de energia:

#### ***Os combustíveis fósseis***

São substâncias originadas da decomposição de materiais orgânicos (biomassa), durante um longo período de tempo (tempo geológico).

Elas armazenam energia química, ou seja, fazem-no por meio das forças de coesão dos átomos.

A energia é liberada pela reação de combustão do Carbono e Hidrogênio na presença de Oxigênio.

#### ***A energia solar (renovável)***

A energia solar é originada da fusão termonuclear de elementos leves no Sol e transportada à Terra sob forma de radiação eletromagnética.

A radiação eletromagnética solar provoca a síntese dos materiais orgânicos que constituem a biomassa e cuja decomposição, há milhões de anos, deu origem aos combustíveis fósseis. Ela também pode ser convertida diretamente em energia elétrica,

por meio de células fotovoltaicas ou ser utilizada para o aquecimento de água através de painéis e coletores solares.

### ***A energia hídrica: quedas d'água (renovável)***

A energia hídrica é originada da atração gravitacional da Terra sobre os corpos na sua vizinhança.

É uma fonte de energia considerada renovável, pois é realimentada pelo ciclo de evaporação-condensação da água causado pela energia solar.

### ***A energia nuclear***

Os "combustíveis" nucleares são materiais constituídos de certos átomos com núcleos pesados de alta probabilidade de fissionar-se sob certas condições, liberando grande quantidade de energia.

Eles armazenam energia nuclear, ou seja, energia existente no núcleo dos átomos, através das forças de coesão dos prótons e nêutrons, por forças nucleares fortes.

A energia é liberada pelo bombardeio dos núcleos por nêutrons provocando a fissão dos mesmos.

A tecnologia da fusão nuclear ainda está em desenvolvimento e poderá fornecer grandes quantidades de energia no futuro, através da utilização de núcleos leves e abundantes na natureza.

### ***A energia da biomassa (renovável)***

A energia da biomassa é originada da fotossíntese (vegetais) e constituída de todos os seres vivos, inclusive animais e seus dejetos orgânicos.

Assim como os combustíveis fósseis, a biomassa também armazena energia química, ou seja, por meio das forças de coesão dos átomos de natureza eletromagnética.

A energia é liberada pela reação de combustão do Carbono e Hidrogênio na presença de Oxigênio.

Ela pode ser obtida via exploração direta da natureza (lenha das florestas naturais) ou produzida pelas culturas energéticas (álcool, florestas plantadas, etc.) ou pela decomposição de dejetos (biogás).

#### ***A energia eólica (renovável)***

A energia eólica é originada pelo deslocamento do ar (ventos) na atmosfera próxima à superfície da Terra, devido a diferenças de pressão (centros de alta e de baixa), provocadas pelo aquecimento diferenciado do ar pela energia solar e também pelo movimento de rotação da Terra.

#### ***A energia dos oceanos (renovável)***

A energia dos oceanos pode ser dividida em 3 fontes principais :

- 1- Energia das marés, causado pelo movimento de revolução da Lua em torno da Terra, atraindo gravitacionalmente a massa de água dos oceanos e arrastando-a, fazendo variar a altura da superfície do mar, e pode ser aproveitada próximo às regiões costeiras. Por exemplo, pode-se aproveitar o período de cheia da maré para se represar a água, que pode ser liberada aos poucos durante o período de maré baixa, movimentando turbinas, semelhantes aos de uma usina hidroelétrica.
- 2- Energia das ondas, provocada por efeitos combinados de movimentos do mar e dos ventos que se atritam com a superfície dos oceanos. Esses movimentos das ondas,

podem ser aproveitados, por exemplo, para movimentar geradores elétricos acoplados convertendo energia mecânica em energia elétrica.

- 3- Energia térmica devido à diferença de temperatura entre a água da superfície aquecida pela energia solar e as águas mais profundas dos oceanos. O processo é semelhante ao da energia eólica, que transforma a energia de movimento do ar em energia elétrica. No caso da energia térmica dos oceanos, aproveita-se o movimento das águas devido às diferenças pequenas de temperatura em pontos distintos do oceano.

#### ***A energia geotérmica (renovável)***

A energia geotérmica é originada da alta temperatura do núcleo da Terra de onde provém o magma dos vulcões e também das fontes de águas quentes naturais.

Esta energia é alimentada pela desintegração radioativa de núcleos atômicos instáveis no interior da Terra. Assim como a energia solar, ela também pode ser considerada renovável, no sentido de que o seu uso não implica consumir um estoque que se conservaria se não o consumíssemos.

A figura a seguir (Figura 3. 1)<sup>1</sup> nos auxilia a visualizar as diferentes formas e fontes de energia e as suas diversas conversões.

---

<sup>1</sup> Figura baseada no livro LA ROVERE, Emílio Lèbre. ROSA, Luis Pinguelli. RODRIGUES, Adriano Pires. *Economia e Tecnologia da Energia*. 1985.

**Figura 3. 1**

### **3. 2. 3 Alguns modelos experimentais de demonstração.**

Pode-se ilustrar os processos de conversão energética das diversas fontes de energia, através de alguns modelos experimentais que podem ser confeccionados com materiais de baixo custo, como mostram os exemplos a seguir.

Foram escolhidas quatro das principais fontes de energia, utilizadas principalmente para a geração de energia elétrica, que são as energias: hídrica, térmica, eólica e solar.

#### **3. 2. 3. 1 Objetivos**

A partir das demonstrações destes modelos nas aulas de física, são descritas algumas propostas de temas a serem explorados e discutidos em outras disciplinas.

O objetivo principal é estudar os vários aspectos que envolvem a geração de energia a partir das diversas fontes e as suas inúmeras conseqüências, abordando os temas de forma interdisciplinar.

Embora estes modelos demonstrem com maior destaque os conceitos explorados nas aulas de física, pretende-se que possam ser utilizadas em outras disciplinas, simultaneamente. Assim, poderia haver um processo de participação e contribuição nos estudos e nas discussões, sob os vários pontos de vista de cada disciplina, visando à compreensão não só dos processos tecnológicos de produção de energia, mas também dos seus impactos ambientais, sociais, culturais, etc.

O estudo interdisciplinar, como vimos anteriormente, tem o objetivo de possibilitar a permeabilidade entre as diversas áreas, permitindo ao estudante aproveitar o conhecimento de uma disciplina nas demais. O aluno deverá ser capaz de perceber

todos os aspectos envolvidos no processo de produção de energia, a fim de poder compreendê-los, o que requer uma abordagem ampla no processo de aprendizagem fazendo as conexões entre as diversas áreas do conhecimento.

Estas demonstrações poderão também ser utilizadas como materiais auxiliares de projetos educacionais de combate ao desperdício e de uso racional de energia, na medida em que possibilitam a visualização dos vários aspectos envolvidos nos processos de transformação e geração de energia.

Os materiais e os procedimentos para a construção dos modelos experimentais estão descritos nos anexos: ANEXO 2 (modelo de usina hidroelétrica), ANEXO 3 (modelos de turbinas térmicas), ANEXO 4 (modelos de geradores eólicos) e ANEXO 5 (modelo de painel solar).

### 3. 2. 3. 2 Energia hídrica

#### Energia hídrica 1 Modelo de uma usina hidroelétrica

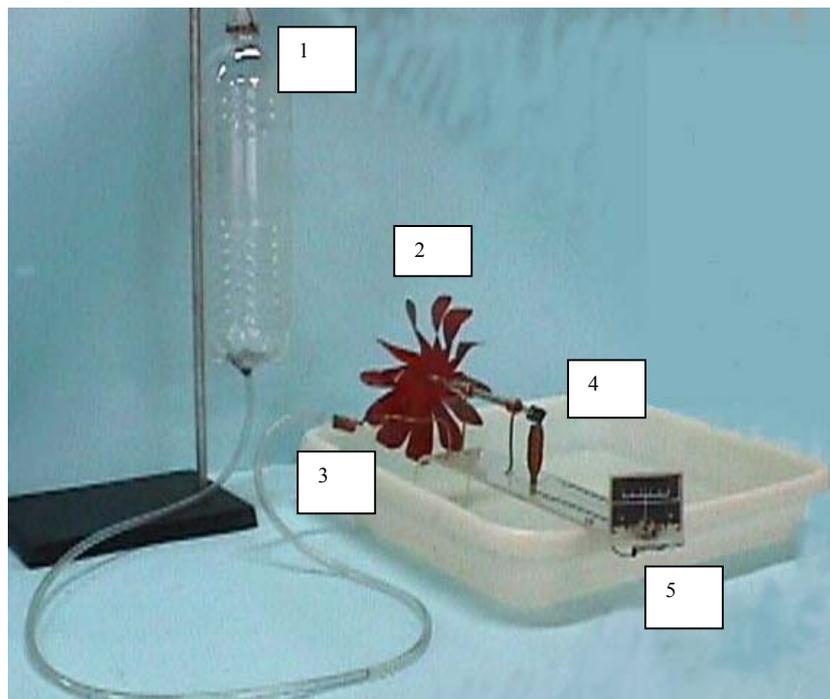


Foto 3. 1 Modelo de uma usina hidroelétrica

- 1- Reservatório de água (garrafa plástica), com altura variável.
- 2- Turbina feita com folha-de-flandres.
- 3- Saída do jato de água.
- 4- Sistema de gerador - ímã fixado no eixo da turbina girando próximo de uma bobina (fio de cobre esmaltado, enrolado num prego)
- 5- Galvanômetro ou multímetro ligado ao sistema gerador (indica a geração de corrente elétrica)

### Utilizando a demonstração - Energia hídrica 1

A seguir, os procedimentos para a utilização da demonstração do modelo de usina hidroelétrica (Foto 3. 1):

1. Colocar água na garrafa plástica e guiar a saída do jato de água na turbina, fazendo-a girar. A garrafa plástica com água representa o reservatório de água represada de uma usina hidroelétrica.
2. Variar a altura da garrafa plástica observando a saída do jato de água: quanto maior a altura da queda d'água (energia potencial gravitacional), maior a velocidade da turbina (energia cinética). Conseqüentemente, mais energia elétrica será gerada (observar o galvanômetro).
3. Variar a vazão da água pressionado-se a mangueira plástica: quanto menor a vazão da água, menor a velocidade da turbina e menos energia elétrica será gerada.
4. Pelos procedimentos anteriores, pode-se concluir que a potência instalada de uma hidroelétrica depende basicamente da altura e da vazão da queda d'água. Independe, por exemplo, da área inundada pela represa.
5. Utilizar uma outra garrafa plástica menor, como reservatório. Colocar numa posição, de forma que ela fique com o nível de água na mesma altura da garrafa anterior. Se em ambos os casos, a altura e a vazão da queda d'água forem as mesmas, a potência instalada também será a mesma. A diferença é que a água da garrafa menor irá acabar mais depressa. Com maior quantidade de água (reservatório maior), uma usina poderá funcionar por um período de tempo maior. Pode-se explorar os conceitos como *Fator de capacidade e Energia firme* de uma usina hidroelétrica. O Fator de capacidade indica a capacidade com que uma usina pode funcionar durante um ano, (por exemplo, Fator de capacidade = 50% indica que a usina funciona 6 meses durante o ano todo). No caso do reservatório de água

maior, ela poderá funcionar por mais tempo e, portanto, terá um Fator de capacidade maior. A Energia firme é a energia elétrica efetivamente gerada durante um ano, ou seja, a potência instalada multiplicada pelo número de horas de funcionamento por ano. Quanto maior o Fator de capacidade, maior será também, a Energia firme da usina.

6. Medir a altura da queda d'água, com uma régua. Medir a vazão da água enchendo a garrafa plástica (2 litros) e cronometrando o tempo, até que se esvazie a garrafa: (vazão medida em  $\text{m}^3/\text{s}$ ). Calcular a potência, usando a fórmula:  $P = 9,8\text{kN}/\text{m}^3 \times \text{vazão} \times \text{altura}$ .

## Energia hídrica 2 Exemplos de conversões de energia a partir da energia potencial da água

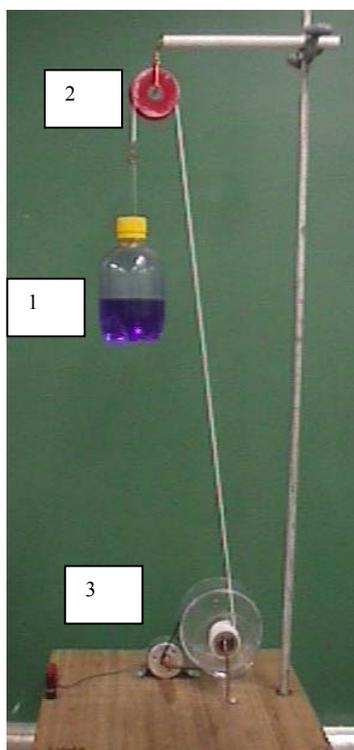


Foto 3. 2 Garrafa plástica com água acoplada a um sistema de polias ligado a um motor/gerador

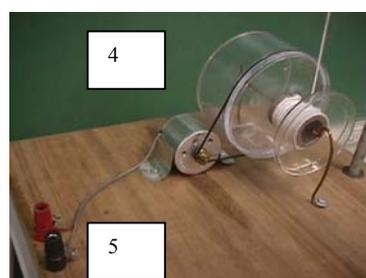


Foto 3. 2. 1 Sistema de polias e motor/gerador elétrico

- 1- Garrafa com água, suspensa a uma altura  $h$ .
- 2- Polia ou roldana (carretel de fio de nylon - linha para pescar).
- 3- Sistema de polias ligado à garrafa com água, para aumentar a velocidade de rotação do eixo do gerador.
- 4- Motor/gerador de corrente contínua ( $\sim 3$  volts).
- 5- Terminais elétricos ligados ao motor/gerador.

Energia química da bateria (9V) - Energia elétrica – Energia mecânica

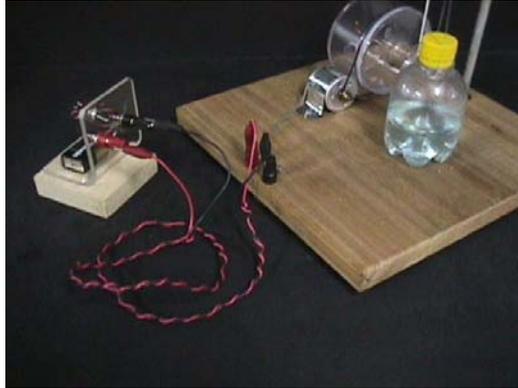


Foto 3.3 Bateria de 9 Volts ligado ao motor para elevar a garrafa

- Energia mecânica – Energia elétrica (gerador) – Energia luminosa (*led, ou diodo emissor de luz*).



Foto 3.4 A garrafa suspensa, quando desce, faz o motor/gerador girar, gerando energia elétrica que acende o *led* (diodo emissor de luz)

- Energia mecânica – Energia elétrica (gerador) – Energia mecânica (ventilador):

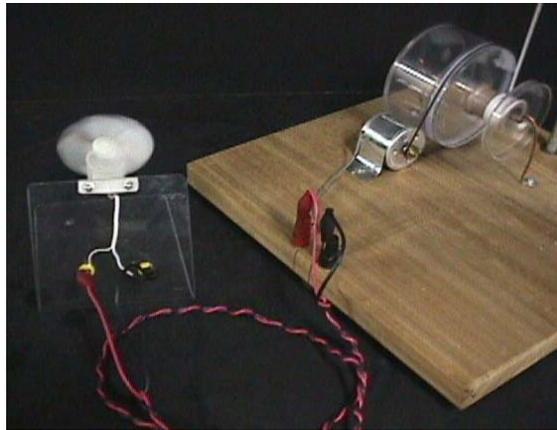


Foto 3. 5 A garrafa suspensa, quando desce, faz o motor/gerador girar, gerando energia elétrica que aciona o ventilador

- Energia mecânica – Energia elétrica (gerador) – Energia elétrica (armazenada no capacitor) – Energia mecânica (ventilador).

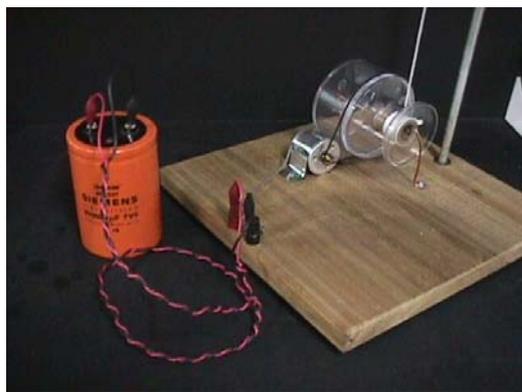


Foto 3. 6 A garrafa suspensa, quando desce, faz o motor/gerador girar, gerando energia elétrica que acumula-se no capacitor

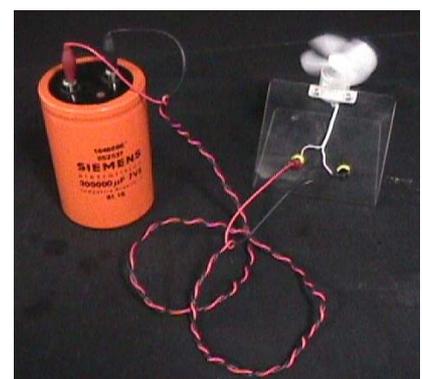


Foto 3. 6. 1 A energia elétrica acumulada no capacitor aciona o ventilador

## Utilizando as demonstrações - Energia hídrica 2

Uma outra forma de demonstrar a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética e energia elétrica, é utilizar o aparato experimental mostrado nas Fotos 3. 2 a 3. 6. 1, de energia hídrica 2. Uma pequena garrafa plástica com água é suspensa por um fio ligada a um pequeno motor elétrico (que também pode funcionar como um gerador elétrico), através de um sistema de polias, a aproximadamente 1m de altura. Um sistema de polias adequado pode aumentar a velocidade de rotação do gerador. A seguir, os procedimentos para a utilização destas demonstrações:

1. Suspender a garrafa plástica com água, girando o sistema de polias. Ligar um motor elétrico na saída do gerador. Observe que ao cair, a garrafa transforma energia potencial gravitacional em energia cinética e energia elétrica que faz o motor girar.
2. Repetir o procedimento ligando um *led* na saída do gerador, no lugar do motor. O mesmo poderá ser feito, utilizando um capacitor na saída, armazenando a energia elétrica gerada e, em seguida, descarregando-a num motor.
3. Suspender a garrafa plástica com água. Com a saída do gerador em aberto, medir o tempo de queda da garrafa. Repetir o procedimento com a saída do gerador em curto circuito. Observa-se, que no segundo caso, o tempo de queda é muito maior do que no primeiro caso. Conclui-se que no primeiro caso (saída do gerador em aberto), não há geração de energia elétrica e, portanto, toda a energia potencial é transformada em energia cinética. No segundo caso (saída do gerador em curto-circuito), haverá máxima geração de energia elétrica diminuindo a velocidade de queda (menor energia cinética). O mesmo aconteceria numa usina hidroelétrica gerando eletricidade em carga máxima: a velocidade das turbinas iria diminuir. Ao contrário, se não houver geração de energia elétrica, toda a energia potencial gravitacional da queda d'água é transformada em energia cinética.

4. Ligar uma pilha ou uma bateria na saída do gerador. Desta forma, ela irá funcionar como um motor que irá girar o sistema de polias elevando a garrafa d'água. Pode-se demonstrar a conversão de energia química armazenada na pilha ou bateria em energia elétrica. A energia elétrica faz girar o motor transformando energia cinética em energia potencial da garrafa (Foto 3. 4).
5. Medir a altura máxima da garrafa d'água. Medir a vazão, medindo-se o volume de água da garrafa e o tempo de queda ( $m^3/s$  - metros cúbicos por segundo). Calcular a potência utilizando a mesma fórmula anterior (energia hídrica 1).
6. Calcular a energia armazenada no capacitor através da fórmula  $E = C \times V^2/2$ , onde C é a capacitância e V a voltagem. Comparar com a energia potencial gravitacional da garrafa (Foto 3. 6).

### **3. 2. 3. 2. 1 O que explorar - Energia hídrica.**

Pode-se ilustrar algumas formas e fontes de energia com as demonstrações de energia hídrica, utilizando a energia potencial gravitacional armazenada na água situada a uma certa altura.

A Figura 3. 2 auxilia a visualização dos processos de transformação da energia hídrica. A energia gravitacional juntamente com a energia solar, por meio do aquecimento da água e evaporação, são responsáveis pela formação dos rios e das represas. Através das quedas d'água aproveita-se a energia hídrica que pode girar as turbinas hidráulicas, realizando trabalho. Este trabalho pode ser convertido em energia elétrica através de geradores elétricos.

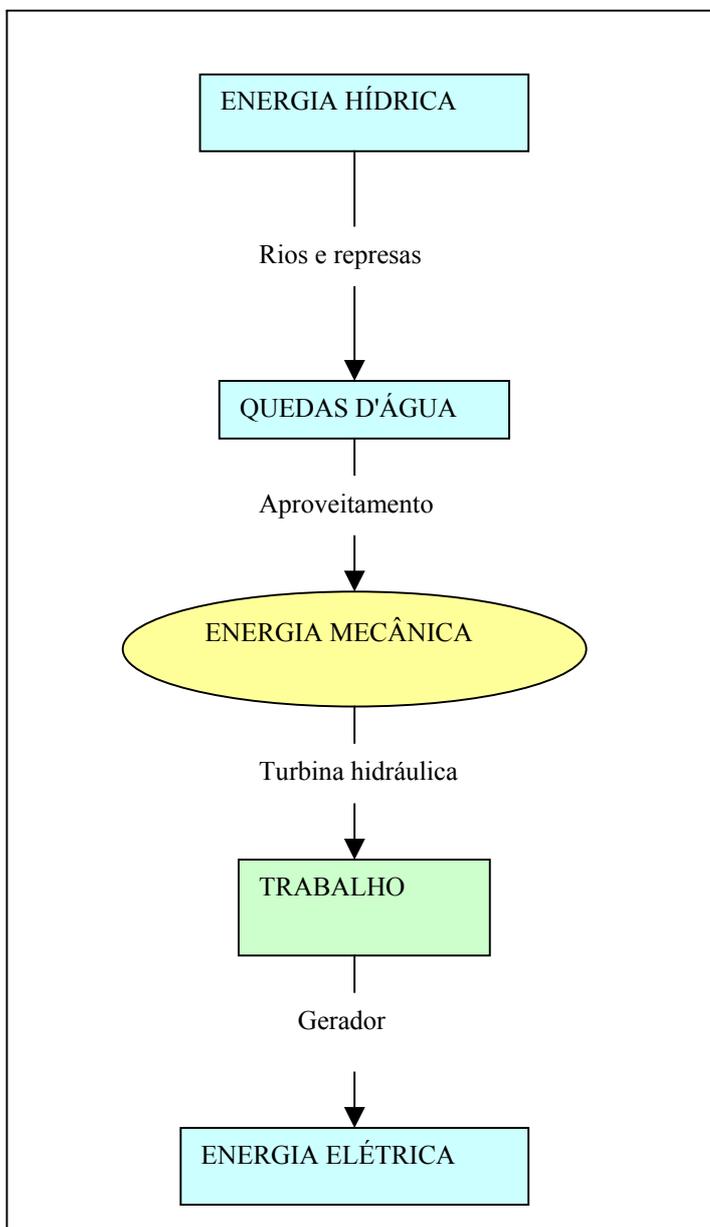


Figura 3. 2 Transformação de energia hídrica (através das quedas d'água) em energia elétrica

A energia hídrica pode ser aproveitada em locais de clima e relevo apropriados, através do armazenamento de água em lagos naturais ou artificiais.

A energia hidroelétrica abastece 25% da demanda de eletricidade do mundo, sendo que no Brasil, ela é responsável por quase 92% do total (quase 223 TWh). A usina de Itaipu, por exemplo, pode gerar até 13 GW de potência, em 18 turbinas.

As represas que são construídas não só servem para obter energia, como também, para armazenar água, irrigar plantações e possibilitar a prática de esportes aquáticos.

### *Breve histórico*

Muito antes de o homem conseguir utilizar a energia térmica (máquinas a vapor) e, cansado de tentar "domar" a energia dos ventos (eólica), experimentou a utilização e o controle da energia das águas.

Como elas tinham um percurso certo, mais ou menos invariável, era mais fácil o seu uso constante, além da possibilidade de armazenamento e do controle da sua vazão através de barragens, o que não era possível com a energia dos ventos.

As primeiras barragens para represamento de águas e seu uso na movimentação de moinhos datam da Idade Média. Porém, a primeira barragem com a finalidade de regularizar as vazões para uma série de moinhos industriais refere-se a instalações construídas no século XII, no Rio Garone, sul da França.

Ainda hoje, as rodas d'água são utilizadas nos engenhos de pequenos sítios e desempenharam um importante papel no passado em relação a todos os processos de produção de farinha e açúcar. A roda d'água, ao girar, movimenta mós de pedra para moer milho ou mandioca, ou pesados cilindros de ferro para esmagar a cana, extraindo o caldo açucarado, usado na fabricação de melado, açúcar, aguardente ou álcool.

### **A utilização da Energia hídrica para produção de eletricidade**

A partir da evolução das rodas d'água, chegou-se às modernas turbinas hidráulicas, cuja principal diferença reside no fato de estas últimas constituírem um sistema fechado, totalmente metálico, em que a água, conduzida por um tubo a grande pressão, faz girar a roda a altas velocidades, aproveitando melhor a energia potencial da água. O eixo da turbina é conectado diretamente ao eixo do gerador elétrico, de forma que a energia mecânica é transformada em energia elétrica, cuja distribuição e transmissão é mais fácil inclusive a longas distâncias.

Existem vários tipos de turbinas hidráulicas. Porém, todas elas estão baseadas em duas alternativas de um mesmo princípio básico, em que a energia gerada depende da vazão e da altura da queda d'água.

As duas alternativas possíveis, são: uma pequena vazão caindo de uma grande altura, caso em que se empregam turbinas com jatos de alta velocidade, do tipo denominado de Pelton, ou uma grande vazão caindo de uma média e pequena altura, caso em que se empregam as turbinas dos tipos Francis e Kaplan, respectivamente.

Tabela 3. 1 Tipos de turbinas hidráulicas

<b><i>Tipo de turbina</i></b>	<b><i>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</i></b>	<b><i>Altura (m)</i></b>	<b><i>Posição do eixo</i></b>
Pelton	Menor que 10	Maior que 300	Horizontal
Francis	Entre 10 e 100	Entre 30 e 300	Vertical
Kaplan	Maior que 100	Entre 5 e 30	Vertical

No Brasil, quase 80% das turbinas utilizadas nas hidroelétricas é do tipo Kaplan.

Para um bom rendimento energético, portanto, seria necessário um grande desnível e uma boa vazão de água, o que nem sempre é possível. Um exemplo de uma usina com

grande desnível e uma baixa vazão é o caso da velha usina de Henri Borden que, instalada em Cubatão, ao pé da Serra do Mar, é movimentada por águas da represa Billings, no planalto paulista, a uma altura de 740 m.

Em outros casos, como Tucuruí no Rio Tocantins, ou Itaipu no Rio Paraná, as quedas são bem menores, mas as vazões são muito maiores. Entretanto, há casos em que os desníveis são pequenos e os rios têm pouca vazão média durante o ano. Nesses casos, os reservatórios têm de ser muito grandes, para acumular grandes volumes de água.

Em situações em que o terreno é plano, o acúmulo de água exige uma enorme superfície de inundação, como é o caso típico da usina de Balbina, no estado do Amazonas. Ela inundou uma área de cerca de 2.400 km<sup>2</sup> de floresta amazônica, para acumular um volume de água relativamente pequeno (7 m de profundidade), produzindo 250 MW de potência, causando entretanto, um grande desastre ecológico.

No Brasil, a utilização da energia hídrica através das quedas d'água para a geração de energia elétrica é, até agora, a alternativa mais aproveitada. Este potencial, representado pelos nossos rios, é devido à imensa rede fluvial existente, resultado do alto grau de umidade e intensidade das radiações solares incidentes na superfície.

Porém, pode-se fazer alguns cálculos simples que demonstram a relação da potência gerada com a área inundada.

A represa de Balbina inundou 2.400 km<sup>2</sup> produzindo 250 MW de potência, ou seja, menos que 0,11 MW /km<sup>2</sup>. A represa de Itaipu gera 8,6 MW/km<sup>2</sup> e Tucuruí produz cerca de 3MW/km<sup>2</sup>.

Estes cálculos são importantes do ponto de vista da preservação do meio ambiente<sup>2</sup>.

Com a potência de 1 MW pode-se acender 10 mil lâmpadas de 100W. Uma cidade de 10 km<sup>2</sup> pode abrigar cerca de 20 mil casas. Supondo-se que cada casa utiliza em média 10 lâmpadas de 100W, a cidade toda terá um total de 200 mil lâmpadas, o que equivale a uma potência consumida de 20 MW. Se houvesse uma represa que produzisse eletricidade gerando 0,1 MW/km<sup>2</sup>, como em Balbina, seriam necessários 200 km<sup>2</sup> de área inundada para gerar eletricidade, somente para acender as lâmpadas desta cidade de 10km<sup>2</sup>. Pode-se imaginar o que aconteceria se todas as usinas hidroelétricas gerassem apenas 0,1 MW/km<sup>2</sup>, ou seja, a área utilizada para a construção da represa seria 20 vezes maior do que a área ocupada pela cidade, que consumiria energia elétrica somente para acender as suas lâmpadas.

### **Problemas com o uso da energia hídrica**

A energia hídrica para geração de energia elétrica pode parecer uma forma de energia "limpa", entretanto, ela não é isenta de problemas, como veremos a seguir.

#### *Rompimento das barragens*

Do ponto de vista da segurança, o rompimento de uma grande barragem pode ocasionar grandes tragédias de efeitos incalculáveis em cidades que se encontram à jusante. Pode ainda causar inundações no caso de abertura das comportas para controle das cheias (antes do "overtopping"), em situações de chuva intensa à montante.

---

<sup>2</sup> Ver BRANCO, Samuel Murgel. *Energia e meio ambiente*

### *Prejuízos causados pelo represamento*

No caso de se construir uma barragem para produzir determinada quantidade de energia, a decisão dependerá muito da região a ser inundada. Certamente não será conveniente inundar-se uma importante cidade ou se existirem fazendas agrícolas ou pastagens de alta produtividade, pois certamente estas terras irão custar muito caro para as empresas de eletricidade.

Além disso, há também os aspectos ambientais que geralmente não são levados em conta pelas empresas de geração de energia, o que dizer então dos aspectos culturais. Por exemplo, represas construídas no Egito inundaram áreas onde existiam importantes esculturas da época dos faraós. Algumas represas brasileiras têm também inundado áreas onde se encontravam cavernas de grande importância arqueológica. Nestes casos, não é o custo em dinheiro, mas sim o significado da perda de monumentos e áreas que representam grande importância cultural da própria história e evolução da humanidade.

No Brasil, hoje se discute muito a questão da inundação de terras indígenas, pelas represas das usinas hidroelétricas, no Norte do Brasil. São áreas ocupadas há centenas de anos por tribos indígenas e nenhuma outra terra pode substituir seu lugar de origem, pois o índio está acostumado a um determinado tipo de vida que depende estritamente das características ambientais da região. O índio pesca e caça de determinado modo e em determinada região, colhe frutos e cultiva plantas típicas. Nas suas terras também estão os cemitérios de seus ancestrais e parentes queridos. Muitas árvores, rios e cachoeiras ou pedras são sagrados para as tribos indígenas e a sua destruição constitui um sacrilégio. O índio, portanto, não pode ser transferido para outros locais, junto com índios de outras tribos de hábitos diferentes, com os quais ele nunca conviveu.

### *Problemas ecológicos da represas*

Vários são os problemas ecológicos que as represas podem causar. Um exemplo de problema grave, ocorreu na represa de Assuan, no Rio Nilo.

Durante vários séculos, os povos do Egito praticaram um tipo de atividade agrícola que dependia estritamente do ciclo das águas do Rio Nilo. Nas épocas de chuva, o rio aumentava muito o seu volume e a sua velocidade transportando grandes quantidades de matérias férteis, das áreas montanhosas, para as áreas inundadas por suas águas. Na época de estiagem, o rio baixava o seu nível em seu imenso vale, e os agricultores aproveitavam nessas terras férteis para semear e colher cereais, antes das novas enchentes do ano seguinte.

A construção de Assuan interrompeu este ciclo. O represamento do rio diminuiu a velocidade das águas, de modo que todos os sedimentos transportados se depositavam no lago formado pela represa, causando grandes prejuízos para a agricultura. Grandes quantidades de alimentos para os peixes também foram reduzidos, provocando danos também nas atividades de pesca da região.

A transformação do Rio Nilo em um imenso lago com baixa velocidade das águas deu origem à formação de grandes áreas de águas estagnadas, favorecendo a multiplicação de plantas aquáticas flutuantes e proliferação de caramujos transmissores de doenças como a esquistossomose.

No Brasil, a construção de pequenas represas ou açudes em rios intermitentes nas áreas áridas do Nordeste, pode trazer muitos benefícios, mas também pode significar um grande problema. Nessas regiões, freqüentemente o solo contem grandes concentrações de sal ou mesmo jazidas de minério. Assim, as águas dos rios contem esses sais, porém em baixas concentrações. Quando se forma o lago, sujeito a altas taxas de evaporação, a concentração de sal tende a elevar-se, transformando a represa em um lago salgado,

que embora ainda sirva como fonte de geração de energia, já não serve como fonte de abastecimento de água potável ou para a irrigação.

A redução da velocidade das águas do rio represado faz com que se formem grandes depósitos de sedimentos na sua embocadura, diminuindo a capacidade de escoamento e provocando a inundação das áreas próximas das suas margens, tais como propriedades agrícolas ou urbanas.

Outra conseqüência nociva das represas e que causa desequilíbrio ecológico, é a poluição denominada mais particularmente de *eutrofização*, que é o resultado, principalmente do excesso de nutrientes que se dissolvem na água a partir do solo inundado. Esses nutrientes podem estar depositados no solo, na forma de adubos usados na agricultura, da decomposição da vegetação submersa, etc. A intensa atividade fotossintética decorrente da eutrofização, provoca enormes alterações das características da água, reduzindo a acidez por consumo excessivo de CO<sub>2</sub>, aumentando a turbidez pela formação de microorganismos em suspensão, reduzindo a quantidade de oxigênio dissolvido na água causada pela morte de algas que entram em processo de decomposição.

Grandes represas na região amazônica, em que não se teve o cuidado de remover previamente a vegetação existente, tais como Tucuruí, Balbina, Curuá-Una, transformaram-se em verdadeiros pântanos, cheios de matéria em decomposição, sem oxigênio, desprendendo odores fétidos devido à formação de gás sulfídrico e outros como o gás metano, que é um gás "estufa".

Outro problema ecológico importante, é o da migração dos peixes. Grandes barragens norte-americanas, soviéticas e de países europeus interromperam o movimento de peixes rio acima, de espécies chamadas de anádromas. São espécies que, na época da reprodução, sobem até as cabeceiras dos rios para depositar seus ovos nos locais onde

nasceram. Existem espécies de peixes que fazem o contrário, chamados de catádromos, que vivem nos rios e descem para o mar na época da reprodução, depositando os ovos a grandes profundidades. Os peixes anádromos mais conhecidos são os esturjões (de cujos ovos é feito o caviar) e os salmões. Dos catádromos, um exemplo é a enguia.

No Brasil não existem peixes catádromos nem anádromos e sim, peixes de Piracema, que são espécies que sobem os rios para desovar, mas que não necessitam atingir locais em que nasceram e sim locais amplos. São em geral, locais alagados pelas chuvas que dão proteção contra as correntezas, com alimentação abundante, onde os peixes possam depositar seus ovos e para os recém-nascidos poderem alimentar-se.

Para os peixes de piracema, a barragem também é um obstáculo intransponível. Existem tentativas para resolver estes problemas, como a escada para peixes ou elevadores para peixes. Entretanto, as mudanças que ocorrem nas características dos rios, ao serem transformadas em lagos, fazem com que os peixes o abandonem, procurando locais de maior correnteza. São poucas as espécies de peixes de águas correntes que se reproduzem nas represas, sendo que uma delas, infelizmente, é a piranha, que começa a se reproduzir largamente, criando desequilíbrio ecológico devido a sua grande voracidade.

### *Problemas sociais*

Alguns problemas de ordem social também são causados quando da construção de barragens. Uma delas é o deslocamento compulsório dos habitantes das regiões que serão inundadas. Em muitos casos, o reassentamento das famílias é feito em localidades de características diferentes das suas terras de origem, não satisfazendo as necessidades de trabalho, habitação, alimentação, lazer, etc. causando grande descontentamento.

Outro problema importante é quanto à grande quantidade de mão de obra necessária na construção de uma usina hidroelétrica e o tempo de duração desta obra. Verdadeiras cidades de operários são formadas próximo dos locais das barragens, durante a construção da mesma, trazendo problemas como a prostituição e o alcoolismo. Estes problemas são agravados ao término das obras, quando a maioria dos operários ficam desempregados, ocasionando gravíssimos problemas sociais.

### **Conclusão**

Conclui-se de tudo isso que, embora a energia hidroelétrica seja considerada uma das formas mais limpas e a mais adequada para o Brasil, ela não está livre de grandes e graves problemas.

A simples abundância de água não constitui razão suficiente para a opção hidroelétrica, principalmente em regiões muito planas, em que é necessária a inundação de grandes áreas.

Todas as diferentes opções devem ser estudadas, merecendo pesquisa e trabalho experimental, de forma *interdisciplinar*, para a solução globalmente mais adequada e menos ofensiva ao meio ambiente.

#### **3. 2. 3. 2. 2 Abordagem interdisciplinar - Energia hídrica**

Como se trata de um tema interdisciplinar, sugere-se estudá-lo em várias disciplinas, cada qual abordando os tópicos específicos da sua área.

A seguir, são feitas algumas sugestões de tópicos relacionados com as demonstrações, separadas por disciplina, que poderão ser explorados em sala, em aulas formais, em trabalhos de pesquisa em grupos, pesquisas na *internet*, em seminários, debates e discussões, ou em sessões de vídeo.

É importante notar, que grande parte destes tópicos já são normalmente explorados no ensino médio, só que de forma desarticulada e sem relação com os problemas da realidade.

Portanto, cada disciplina, ao final do processo poderá contribuir com os conhecimentos específicos da sua área, completando os estudos do tema como um todo e de forma mais articulada.

### **Física**

- Energia mecânica – energia potencial e energia cinética.
- Trabalho realizado pela queda d'água.
- Potência de uma hidroelétrica:  $P = \gamma \cdot q \cdot h$ , onde  $\gamma = 9,8 \text{ kN/m}^3$ ,  $q$  = vazão do curso d'água (em  $\text{m}^3/\text{s}$ ) e  $h$  = altura da queda d'água (em m).
- Fator de capacidade e Energia firme.
- Potência  $\neq$  área inundada, ou seja a potência independe do tamanho da área inundada.
- Influência da altura, da vazão e da densidade da água na potência de uma usina.
- Transformação de energia mecânica em energia elétrica.
- Gerador eletromagnético – princípio de funcionamento (lei da indução de Faraday).
- Corrente contínua e corrente alternada.
- Medida da vazão de escoamento de um fluido.
- Princípio da conservação da energia – 1ª Lei da termodinâmica.
- Princípio da degradação da energia e energia útil – 2ª Lei da termodinâmica.
- Eficiência de conversão de energia.
- Unidades de medida de Energia e de Potência.

## **Biologia**

- Vida aquática nas represas – peixes, insetos, caramujos, algas e arbustos.
- Impactos ambientais – modificação da vida animal e vegetal da região inundada por represas, como a procriação de peixes, etc.
- O desaparecimento de algumas formas de vida animais e/ou vegetais e o aparecimento de outras formas de vida devido às represas das hidroelétricas e as conseqüências ao meio ambiente.
- Doenças causadas por microorganismos ou a contaminação por meio de produtos químicos, por exemplo, metais pesados, comprometendo a cadeia alimentar.
- Os principais problemas ambientais das hidroelétricas em atividade no Brasil e no mundo – ex.: hidroelétrica de Balbina, na Amazônia, o lago Nasser, no rio Nilo, etc.

## **Geografia**

- Mudanças no regime hidrológico de um rio causado pela construção de uma barragem e o problema das enchentes.
- Regime geológico – assoreamento e a diminuição do volume de água.
- Ciclo das águas – variação do volume das águas de acordo com as estações do ano.
- Localização das principais usinas hidroelétricas no Brasil e no mundo, utilizando mapas cartográficos.
- A contribuição da energia hidráulica para geração de eletricidade no Brasil e no mundo.
- Os principais problemas sociais causados na construção de uma usina hidroelétrica, durante e depois da obra civil, pelo deslocamento temporário de trabalhadores: criminalidade, alcoolismo, prostituição, etc.

- Deslocamento compulsório e reassentamento de famílias em locais de difícil obtenção de recursos para a sobrevivência.
- A construção de usinas em terras indígenas e de proteção ambiental.
- A Constituição Brasileira: A legislação quanto ao aproveitamento das águas.

### **História**

- A história da energia e o aproveitamento da energia hidráulica – moinhos e rodas d'água para trabalhos mecânicos.
- Avanços tecnológicos quanto ao tipo de turbinas, para melhor aproveitamento da energia hidráulica para geração de eletricidade.
- Estabelecimento de paralelos entre o consumo energético de diferentes épocas e sociedades e a análise das principais alterações registradas ao longo da História, na geração e no consumo de energia.
- Hábitos e costumes relacionados com o consumo de energia ao longo do tempo – a evolução da matriz energética das fontes primárias de energia.
- Perda de monumentos e áreas arqueológicas de importância cultural e histórica causada pela inundação das represas.

### **Química**

- Alterações químicas na água das represas que comprometem a sua qualidade – medida de pH.
- Diminuição da velocidade de escoamento das águas na represa acarretando um aumento nas concentrações de contaminantes químicos, tais como os metais pesados.

- A fermentação de matéria orgânica das áreas inundadas – acidez das águas e a produção de gás metano.
- Processo de corrosão das turbinas.

### **Matemática**

- Interpretação de gráficos e de dados percentuais de geração e de consumo de energia hidroelétrica.
- Leitura de uma conta de luz – Data do processamento, dias de consumo de energia, consumo em kWh do mês, valor pago, etc..
- Como medir o consumo de eletricidade no relógio de luz – medidor ciclométrico e medidor de ponteiros.
- Estimativa do consumo de energia elétrica na residência – potência multiplicada pelo número de horas .

### **Português e línguas**

- Redação, leituras e discussões de temas relacionados com a hidroeletricidade.
- Interpretação de textos de jornais e revistas de artigos que abordem assuntos sobre energia.
- Tradução de textos em inglês ou em outras línguas, disponíveis nos diversos *sites* na *Internet*.

### 3. 2. 3. 3 Energia térmica

#### Energia térmica 1 - Turbina movida a vapor com caldeira feita de lata

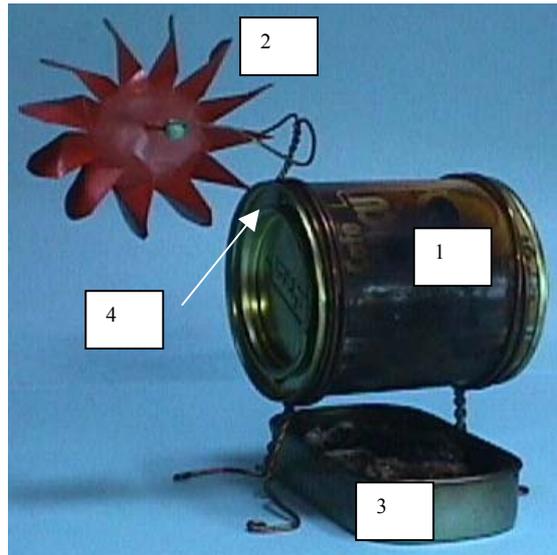


Foto 3. 7 Turbina movido a vapor com caldeira feita de lata

- 1- Caldeira - reservatório de lata contendo água.
- 2- Turbina feita com folha de flandres ou alumínio.
- 3- Fogareiro para aquecimento da caldeira (lata de sardinha aberta, contendo algodão com álcool).
- 4- Pequeno furo ( $\sim 1\text{mm}$ ), na parte superior da caldeira de lata, para a saída de vapor em alta velocidade, para girar a turbina.

## Energia térmica 2 - Turbina movida a vapor com caldeira feita de vidro

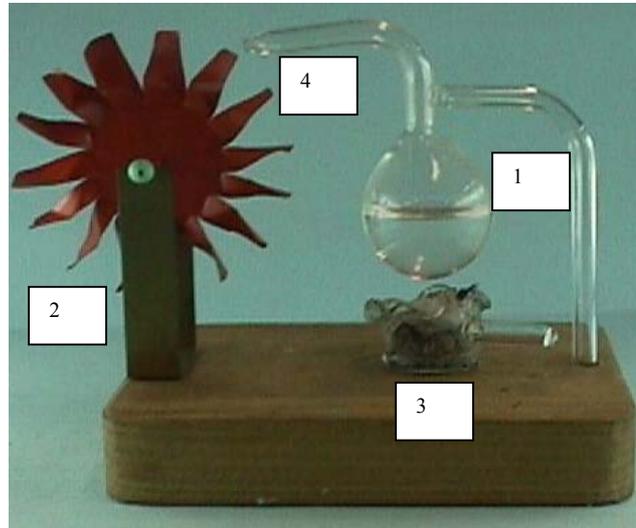


Foto 3. 8 Turbina movida a vapor com caldeira feita de vidro

- 1- Caldeira feita de vidro *pyrex*, contendo água.
- 2- Turbina feita de folha de flandres ou de alumínio
- 3- Fogareiro com algodão e álcool, para aquecer a caldeira
- 4- Pequeno furo (menor que 0,5mm) para a saída de vapor em alta velocidade, para girar a turbina.

### **Utilizando as demonstrações - Energia térmica**

A utilização destas demonstrações requer certos cuidados, principalmente devido à utilização de fogo e de vapor d'água à alta temperatura.

A seguir, os procedimentos para a utilização das demonstrações (Fotos 3.7 e 3. 8):

- 1- Colocar um pouco de algodão embebido em álcool, no fogareiro e acender a chama, tomando o cuidado de não derramar ou colocar álcool em excesso.
- 2- Aquecer a caldeira e mergulhá-la num recipiente com água. A diminuição da temperatura no interior da caldeira provoca um decréscimo da pressão fazendo com que a água penetre através do "furinho".
- 3- Com a caldeira contendo água (cerca de 25% do volume total), coloque-a novamente sobre a chama do fogareiro.
- 4- Posicione a turbina na saída do jato de vapor até que ela comece a girar.

#### **3. 2. 3. 3. 1 O que explorar - Energia térmica**

Pode-se demonstrar o princípio de funcionamento de uma turbina térmica que pode, inclusive, ser utilizada para gerar energia elétrica (usina termoelétrica).

Aquecendo-se a caldeira contendo água, gera-se vapor d'água. À pressão atmosférica, uma gota de água no estado de vapor, ocupa um volume de aproximadamente 1700 vezes maior que no estado líquido. Como o volume da caldeira se mantém constante, esta expansão tende a aumentar a pressão interna que expulsa o vapor através do furinho, em alta velocidade. O vapor faz girar uma turbina transformando energia térmica em energia mecânica.

Utilizando-se a Figura 3. 2, pode-se visualizar os processos de conversões de energia térmica.

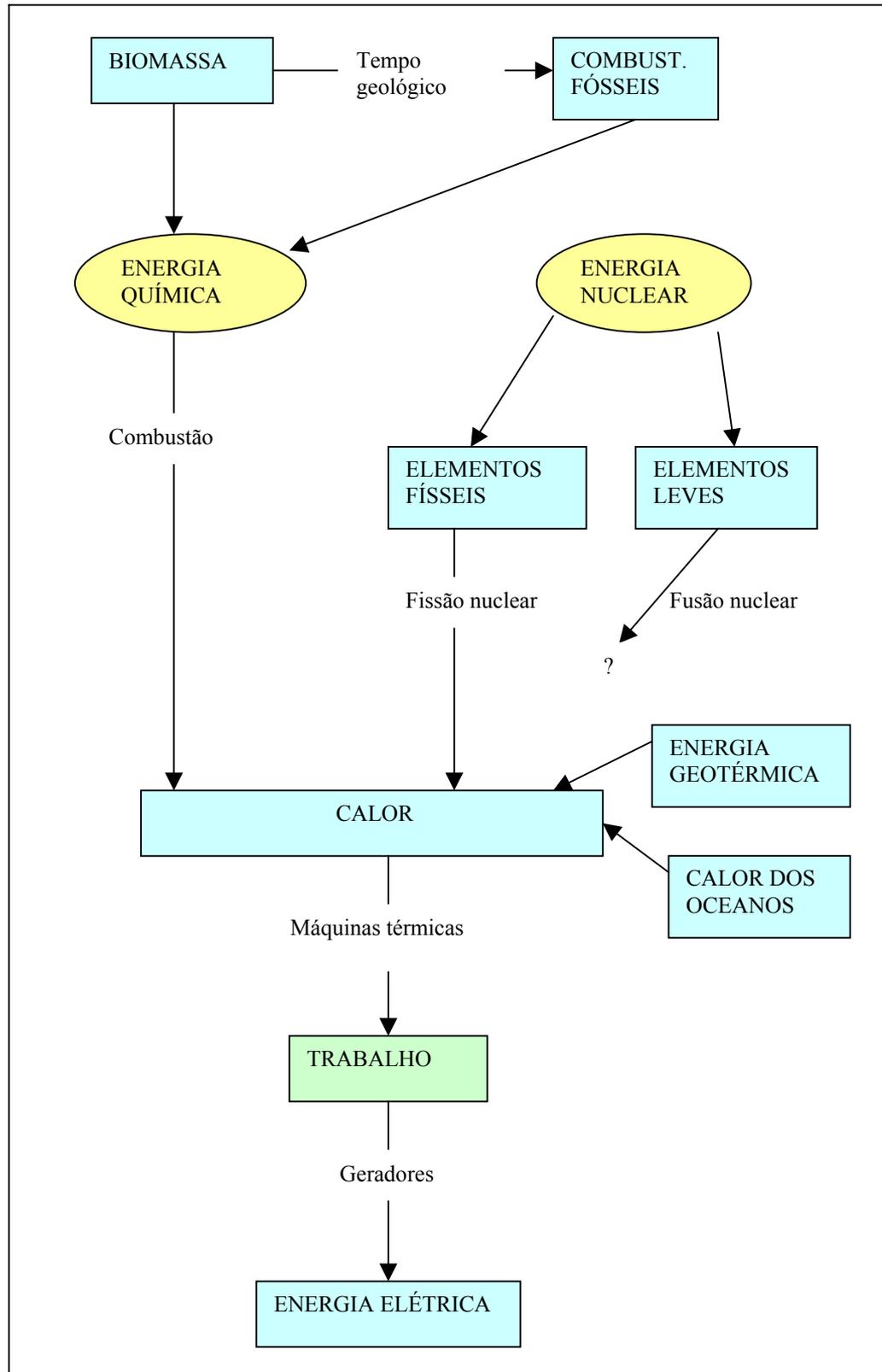


Figura 3. 3 Produção de energia elétrica a partir da energia térmica

Para o aproveitamento da energia térmica, pode-se utilizar várias fontes, tais como a biomassa (álcool, bagaço da cana, lenha, carvão vegetal, etc.), ou combustíveis fósseis (gás natural, derivados do petróleo, carvão mineral, etc.), formados a partir da biomassa. Estas fontes possuem energia química armazenada e geram calor através da combustão (reação química exotérmica, ou com liberação de calor).

Pode-se também gerar calor por meio de reações físicas, como a fissão (utilizada nas usinas nucleares), ou a fusão nuclear (ainda em desenvolvimento).

A energia armazenada nos núcleos dos átomos é extraordinária. Quando o núcleo de um átomo de Urânio ou Plutônio se rompe, libera enorme quantidade de energia. Neste caso, intervém o princípio da equivalência da massa e da energia conforme estabeleceu Einstein através da famosa equação:  $E = m.c^2$ , onde  $m$  = massa e  $c$  = velocidade da luz no vácuo.

Segundo esta expressão, a matéria ou massa pode ser transformada em energia. Pode-se, portanto, obter grande quantidade de energia com pouca massa, como mostra comparativamente, o quadro a seguir:

Tabela 3. 2 Energia armazenada em algumas fontes

FONTE	ENERGIA kcal/kg
Gasolina	11.400
Carvão	8.000
Madeira (pinho)	4.500
GLP (gás de cozinha)	11.900
Urânio	200 bilhões

Fonte: GOLDEMBERG, José. Energia Nuclear: Vale a pena?. São Paulo. Editora Scipione Ltda., 1997. 48p.

No reator nuclear, núcleos de átomos pesados, como os de Urânio 235, rompem-se ao serem bombardeados com nêutrons. Este processo é chamado de fissão nuclear e produz

energia que é transformada em calor. Este calor é absorvido pela água que ferve transformando-se em vapor a alta pressão, acionando uma turbina para gerar eletricidade.

A energia nuclear contribui hoje com 17% da produção de energia elétrica no mundo.

As usinas termoelétricas, em geral, trazem vários problemas ambientais, sendo que as principais são causadas pelas usinas nucleares

Estas usinas usam água dos rios ou do mar para o seu resfriamento, aumentando a temperatura de aproximadamente 3 a 4 graus a cada 300m, acarretando danos ecológicos. Além disso, são geradas grandes quantidades de rejeitos radioativos de alta atividade (materiais radioativos que emitem altas doses de radiação por quase 10.000 anos)

Durante a vida útil de uma usina nuclear (~30 anos), são gerados em torno de 25.000 m<sup>3</sup> de lixo atômico

que devem ser armazenados e protegidos contra vazamentos e em locais adequados.

Outras fontes não convencionais também podem ser aproveitadas em menor escala, tais como a energia geotérmica e a energia térmica dos oceanos (aproveitamento da diferença de temperatura entre as águas mais próximas da superfície e as mais profundas).

Todas estas fontes, independentemente do tipo, podem gerar calor que, por meio de máquinas térmicas, realizam trabalho (girando turbinas ou movimentando pistões). O trabalho realizado pode também ser convertido em energia elétrica, por meio de geradores.

### *Breve histórico*

Durante milhares de anos o homem somente empregou a energia da biomassa, como a madeira, para produção de calor e luz. Mais tarde, passou a utilizar a turfa e o carvão para uso em cocção de alimentos e para aquecimento de moradias.

Entretanto, não se conhecia o uso da biomassa como fonte para a geração de energia mecânica que, basicamente, era obtida a partir da força animal, dos ventos e das águas.

A partir do século XVIII é que teve início a utilização do calor produzido pela queima da lenha ou carvão para a realização de trabalho mecânico, por exemplo, para acionar uma bomba aspirante para retirar água do fundo de uma mina de carvão.

As máquinas a vapor mais antigas funcionam pelo movimento de um pistão. A combustão da lenha, carvão ou petróleo libera energia potencial, que é transferida para um reservatório de água, que quando aquecida, transforma-se em vapor que é injetado a alta pressão em um cilindro com um êmbolo ou pistão que é empurrado realizando trabalho.

O movimento de vai-e-vem do pistão é transformado em um movimento circular através de bielas que acionam uma roda volante. Esta roda pode acionar uma locomotiva, uma bomba d'água, um navio ou até um gerador de eletricidade.

As máquinas térmicas mais modernas funcionam pelo princípio das turbinas, semelhante a uma turbina hidráulica do tipo Pelton, cujas pás giram em altíssimas velocidades acionadas por um jato de vapor ou gás, sob grande pressão.

A vantagem do sistema de turbinas é que elas transformam diretamente a energia térmica do vapor ou gás em energia mecânica de rotação, o que não acontece com os sistemas de pistão e bielas. Entretanto, devido aos custos e eficiência envolvidas, as turbinas somente são viáveis em sistemas de grande porte, como usinas térmicas,

aviões, helicópteros, etc. Sistemas pequenos como os automóveis ainda utilizam pistões e bielas, em motores de combustão interna.

### **Problemas causados pelo uso da energia térmica.**

Inúmeros problemas, principalmente os ambientais são causados pelo uso da energia térmica. Destacamos dentre elas, os produtos da combustão e os resíduos radioativos.

#### *Combustão*

Toda combustão faz-se pela oxidação do carbono existente nas moléculas. Este carbono transforma-se, dependendo do grau de oxidação, em gás carbônico, monóxido de carbono, partículas de carbono ou em outros compostos orgânicos, como a fuligem, que ainda têm quantidades significativas de energia potencial e poderiam ser queimados.

Se a combustão for completa, com total oxidação dos compostos orgânicos, os únicos compostos resultantes são o gás carbônico e a água. Mas, se ela for incompleta, pode-se formar o monóxido de carbono, que é um gás altamente tóxico, fuligem que, misturado com vapores d'água, forma a fumaça visível que se desprende das chaminés.

Pode-se dizer que os animais também usam combustíveis, que são os alimentos, para realizar um processo de combustão denominado de respiração e obter energia. Também neste processo realizado pelos animais, chamado de respiração aeróbica, há desprendimento de gás carbônico e água lançados na atmosfera.

Por outro lado, a fotossíntese é o processo utilizado pelas plantas para fixar a energia do Sol consumindo gás carbônico do ar. Essa reação se realiza pelo processo inverso ao da respiração, devolvendo oxigênio para o ar.

Portanto, existem processos naturais que se realizam continuamente para estabelecer um equilíbrio no planeta, ou seja, existem seres que produzem gás carbônico consumindo oxigênio e seres que produzem oxigênio consumindo gás carbônico.

O ser humano, infelizmente, desequilibra os processos naturais. Se somente fossem queimados combustíveis recicláveis ou renováveis como a lenha ou o álcool, o acréscimo de gás carbônico da atmosfera poderia ser equilibrado com o plantio de novas plantas verdes para fazer-se a fotossíntese. Nesse sentido, o uso do álcool como combustível em substituição à gasolina é positivo, pois o gás carbônico gerado pela queima é novamente consumido pelos canaviais plantados para produzir o álcool.

O grande problema está na queima dos combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo, o gás natural e o carvão, pois, mesmo que fosse replantada e restabelecida toda a biomassa vegetal primitiva da Terra, esta só teria capacidade de consumir o gás carbônico que resultasse da combustão das moléculas orgânicas que ela mesmo produziria, isto é, da queima da biomassa viva e da respiração.

O gás carbônico não pode ser considerado um gás venenoso, pois ele existe permanentemente na atmosfera (0,033%) e também em nossa corrente sanguínea. Porém, ele é o principal causador do *efeito estufa* que há muito tempo vem preocupando a humanidade.

O efeito estufa pode causar um aumento da temperatura da Terra. É o mesmo efeito conseguido nas estufas de vidro para jardinagem, para aquecimento das plantas no inverno. À medida que o ar vai se tornando mais rico em gás carbônico, ele vai adquirindo a mesma propriedade dos vidros das estufas, que consiste em deixar passar as radiações solares de fora para dentro, mas não deixa voltar os raios de ondas mais longas, como os infravermelhos, resultantes da irradiação de calor do solo aquecido.

Um aumento de temperatura média da Terra, da ordem de 2 a 3 graus, à primeira vista, parece não causar maiores danos. Entretanto, pequenas alterações de temperatura provocam enormes mudanças climáticas em todo o globo terrestre, alterando os períodos de chuva, aumento das áreas desérticas, etc.

Outros produtos da combustão também podem causar prejuízos ambientais. Destacamos o monóxido de carbono, produzido principalmente pela queima de combustíveis fósseis. Existem vários casos de pessoas que morreram em garagens fechadas com o motor do automóvel em funcionamento, ou de famílias inteiras intoxicadas durante a noite, enquanto dormiam com o fogareiro aceso para aquecer o quarto.

O monóxido de carbono encontra-se em maior concentração nas grandes cidades, principalmente como subproduto da combustão de gasolina, óleo diesel ou álcool utilizados pelos automóveis, ônibus e caminhões.

Os óxidos de nitrogênio, como o dióxido de nitrogênio, além de irritantes das mucosas e dos pulmões, podem causar câncer e anemia. Os óxidos de nitrogênio são subprodutos da queima de combustíveis fósseis ou da oxidação do próprio nitrogênio do ar, a alta temperatura.

Os óxidos de enxofre talvez sejam o maior causador de problemas respiratórios das populações das grandes cidades. Também resultam da queima de combustíveis fósseis.

Destaca-se também, como um problema causado pela combustão, *a chuva ácida*.

A chuva ácida já é conhecida há mais de um século. Em 1872, descobriu-se que os compostos de enxofre existentes nos gases que se desprendem durante a queima do carvão em fornalhas, transformam-se no ar, em ácido sulfúrico que se precipita através das gotas de chuva. Ela é responsável pela corrosão dos metais, de construções e de pinturas, além de aumentar a acidez das águas dos lagos.

Mais de 200 lagos no estado de Nova Iorque tornaram-se completamente mortos e estéreis por causa das chuvas ácidas. Nos países da Europa, cerca de 20 mil lagos estão sendo destruídos por causa dos ácidos formados a partir de poluentes originados nas

indústrias britânicas, alemãs e francesas. Além disso, florestas também estão morrendo provavelmente em consequência do mesmo fenômeno.

No Brasil, vários estudos estão sendo desenvolvidos, principalmente na região de Cubatão, junto à Serra do Mar, e nos estados do Sul, onde se localizam grandes reservas de carvão e grandes usinas termoelétricas que utilizam carvão como combustível, que produzem grandes quantidades de compostos de enxofre.

Outro problema ambiental que não está ligado diretamente à combustão, mas ao transporte de combustíveis, é a questão dos vazamentos.

Diariamente são transportados centenas de milhares de toneladas de petróleo em navios petroleiros, ou pelo continente, através de oleodutos e gasodutos.

O rompimento acidental ou o vazamento destes combustíveis causam enormes danos ao meio ambiente. Estima-se que cerca de 2 milhões de toneladas de petróleo por ano sejam derrubadas ao mar, somente pelos navios petroleiros.

Com relação ao carvão fóssil, a quantidade considerável de enxofre na forma de cristais dourados (pirita) ou sulfeto de ferro, pode se transformar em ácido sulfúrico em contato com a superfície. Nas regiões carboníferas, os ácidos degradam o solo e os rios, causando grande mortandade de peixes, e de outros elementos da flora e da fauna.

### *Resíduos radioativos*

Como vimos anteriormente, a energia térmica pode ser gerada por uma reação nuclear (fissão).

Uma usina térmica movida a energia nuclear, ou usina nuclear, ao mesmo tempo em que gera energia na forma de calor para aquecer as caldeiras, produz também uma certa quantidade de resíduos altamente radioativos, popularmente conhecido como lixo atômico.

Esse lixo é constituído de elementos, tais como o cézio, o estrôncio, o iodo, o cobalto, etc.. Alguns destes elementos ficam emitindo radiação durante centenas de anos, como é o caso do estrôncio e do cézio.

As radiações são nocivas aos seres vivos, dependendo do grau e do tipo da radiação. Alguns efeitos são a formação de câncer, a esterilidade e as alterações no padrão de reprodução celular.

Grandes acidentes nucleares já ocorreram em que destaca-se o desastre de Chernobyl, na ex- URSS.

Existem cerca de 500 usinas nucleares em todo o mundo que, em aproximadamente três décadas de funcionamento, já geraram muitas toneladas de rejeitos radioativos. Segundo a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, este problema do armazenamento do lixo atômico ainda continua sem solução. Basicamente, o armazenamento é feito em grandes "cofres" de aço e cimento, ou de chumbo que são colocados em locais onde possam ser armazenados por vários anos. Entretanto, estas técnicas ainda não foram suficientemente testadas, colocando em dúvida a sua eficácia no armazenamento de materiais tão perigosos e que ficam em atividade por séculos.

### **3. 2. 3. 3. 2 Abordagem interdisciplinar - Energia térmica**

A seguir, algumas sugestões de temas de discussão, relacionados com a energia térmica, separadas por disciplina.

#### **Física**

- Energia térmica – energia mecânica.
- Princípio da conservação da energia – 1ª Lei da Termodinâmica.

- Princípio da degradação da energia – 2ª Lei da Termodinâmica.
- Eficiência de conversão de energia.
- Qualidade da energia – “todo trabalho pode ser convertido em calor, mas nem toda quantidade de calor pode virar trabalho”.
- Pressão de vapor da água e pressão atmosférica.
- Temperatura de ebulição da água.
- Geração de energia elétrica a partir da energia térmica.
- Termoelétricas utilizando a energia nuclear – fissão nuclear.
- O efeito estufa.

### **Química**

- Os tipos de combustíveis utilizados nas termoelétricas.
- A composição química de alguns combustíveis tais como o gás natural, o gás de cozinha, o carvão mineral e o vegetal, a lenha, o óleo combustível, o diesel, a gasolina, o querosene, o álcool, etc.
- As reações químicas de combustão – comburentes, combustíveis e os produtos da combustão – gases “estufa”.
- O poder calorífico dos combustíveis.
- Produção de resíduos sólidos, CO<sub>2</sub>, hidrocarbonetos, óxidos de enxofre e nitrogênio.
- A formação da chuva ácida e as suas conseqüências nos solos e nas águas .

## **Biologia**

- Os efeitos biológicos em seres humanos, em animais e em vegetais causados pelos resíduos e gases provenientes da combustão.
- Os efeitos biológicos causados pela poluição através de vazamento de petróleo , gás natural e outros combustíveis de origem fóssil ou nuclear.
- Problemas causados pela chuva ácida na agricultura e na pecuária: nos peixes e na vida aquática de rios e lagos.
- Efeitos na vida aquática causados pelo aquecimento da água nas proximidades de usinas térmicas.

## **História**

- A história da energia térmica.
- A evolução das máquinas térmicas ao longo da História da humanidade e as suas aplicações.
- A análise das principais alterações registradas ao longo da História, na produção e consumo de energia, identificando como as máquinas térmicas propiciaram saltos evolutivos.
- Resgate de aspectos históricos de hábitos e costumes de diferentes grupos sociais relacionados com o uso da energia térmica.

## **Geografia**

- A localização das principais usinas térmicas no Brasil utilizando mapas geográficos.
- A contribuição das usinas térmicas na matriz de geração de eletricidade no Brasil e no mundo.

- Os principais produtores mundiais de combustíveis fósseis, tais como o petróleo, o gás natural, o carvão, etc.
- A localização das principais usinas nucleares no mundo.
- A biomassa como alternativa energética.
- A trajetória e a localização do gasoduto Bolívia – Brasil, usando mapas cartográficos.
- A formação geológica do petróleo.
- O petróleo e os conflitos no oriente médio.

### **Português e línguas**

- Redação, leituras e discussões de temas que envolvem a energia térmica.
- Interpretação de textos de jornais e revistas ou de artigos que abordam assuntos sobre a energia térmica.
- Tradução de textos em inglês ou em outras línguas, disponíveis, por exemplo, nos diversos *sites* na *Internet*.

### **Matemática**

- Interpretação de gráficos e de dados percentuais de geração e de consumo de energia termoelétrica.
- Leitura de uma conta de luz, tais como data de processamento, dias de consumo de energia, consumo em kWh, valor a ser pago, etc..
- Como medir o consumo de eletricidade no relógio de luz – medidor ciclométrico e medidor de ponteiros.
- Estimativa do consumo de energia elétrica na residência – potência multiplicada pelo número de horas.
- Cálculo do poder calorífico dos diversos combustíveis.

### 3. 2. 3. 4 Energia eólica

#### Gerador eólico 1

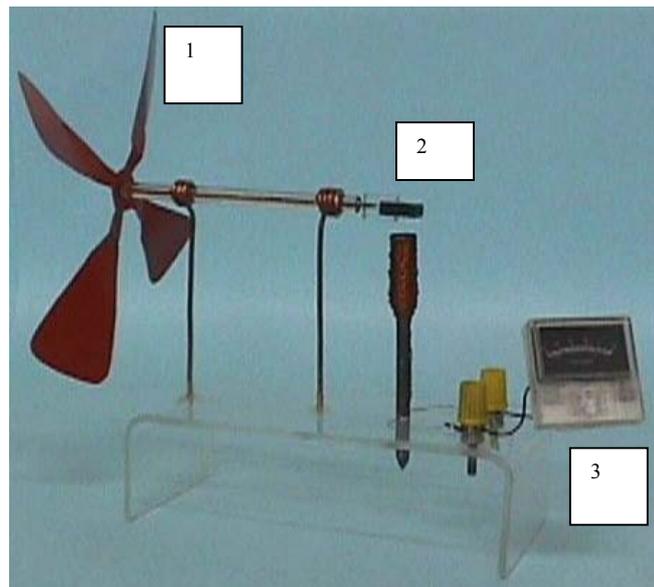


Foto 3. 9 Modelo de gerador eólico - gerador elétrico que utiliza um ímã girando próximo de uma bobina.

- 1- Hélice feita com folha de flandres ou alumínio.
- 2- Sistema para geração de eletricidade - ímã fixado no eixo da hélice, girando próximo de uma bobina (fio de cobre esmaltado, enrolado em um prego)
- 3- Galvanômetro ou multímetro (para indicar a geração de corrente elétrica no sistema para geração de eletricidade)

#### Utilizando a demonstração - Gerador eólico 1 (Foto 3. 9)

Procedimentos:

- 1- Posicionar a hélice na frente de um ventilador, até que ela comece a girar. Observar se há corrente gerada, através do galvanômetro ou multímetro.

- 2- Observar a dependência da energia elétrica gerada com a posição da hélice em relação ao ventilador.
- 3- Pode-se utilizar outros tipos de hélices e observar a energia gerada. Por exemplo, hélice com maior número de pás, hélice com diâmetro das pás maiores ou menores, etc.

### Gerador eólico 2

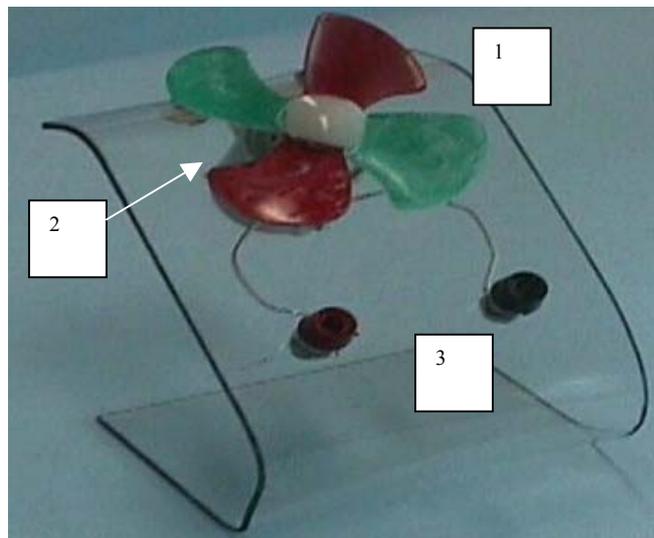


Foto 3. 10 Gerador eólico utilizando uma hélice acoplada a um motor/gerador

- 1- Hélice de plástico ( mini-ventilador de corrente contínua)
- 2- Motor/gerador (motorzinho elétrico de corrente contínua)
- 3- Terminais elétricos ligados ao motor/gerador.

### **Utilizando a demonstração- Energia eólica 2 (Foto 3. 10)**

Em geral, os motores elétricos de corrente contínua podem funcionar tanto como motor, ou como gerador de corrente elétrica. Neste experimento, ela irá funcionar como um gerador eólico.

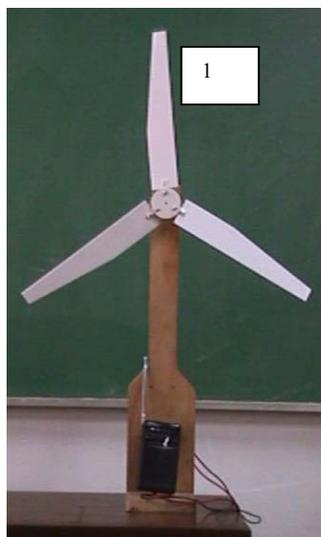
Em geral, a hélice destes mini-ventiladores tem diâmetro pequeno. Assim, não é necessário o uso de ventilador para girá-la, mas simplesmente, assoprá-la.

Procedimentos:

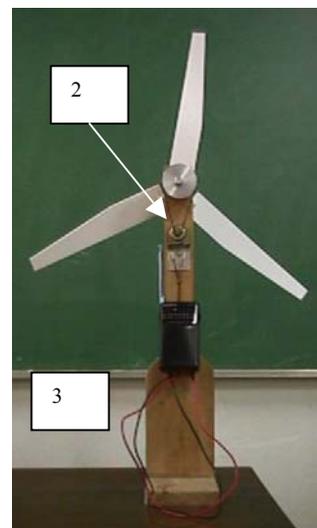
- 1- Ligar um outro motor de corrente contínua no gerador eólico e assoprar a hélice.  
Observe se o motor começa a girar.
- 2- Repetir o procedimento, ligando um *Led* (diodo emissor de luz), com a polaridade adequada no gerador eólico.
- 3- Ligar um multímetro digital nos terminais do gerador eólico e medir a corrente e a voltagem geradas através do sopro. Pode-se estimar a potência gerada pelo sopro.

### Gerador eólico 3

Vista frontal



Vista traseira



Fotos 3. 11 Gerador eólico - 3 hélices de plástico que fazem girar o eixo acoplado a um sistema de polias ligado a um motor/gerador, gerando energia elétrica que faz um rádio funcionar

- 1- Hélice com pás feitas de plástico
- 2- Gerador elétrico (motor de corrente contínua)
- 3- Rádio portátil ( 3 volts), com fios ligados ao conector de pilhas.

#### Utilizando a demonstração - Gerador eólico 3 (Fotos 3. 11)

Procedimentos:

- 1- Posicionar a hélice na frente de um ventilador, até que ela comece a girar.
- 2- Conectar os fios do rádio, aos terminais elétricos do gerador, e ligar o rádio.
- 3- Observar a relação entre a altura do som do rádio e a velocidade de rotação da hélice.

### **Energia eólica 4 (Energia Cinética do vento - Energia Potencial Gravitacional da massa suspensa).**

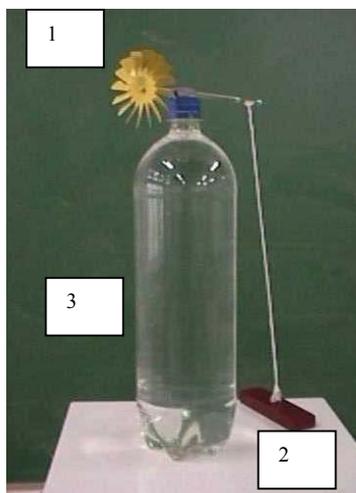


Foto 3. 12 Hélice fixada a um eixo, que ao girar através do vento, enrola o fio que eleva a massa.

- 1- Hélice feita com folha de flandres ou alumínio
- 2- Massa (bloco de madeira) suspensa por um fio enrolado ao eixo de rotação da hélice.
- 3- Garrafa plástica com água serve como suporte para o sistema.

#### **Utilizando a demonstração - Energia eólica 4 (Foto 3. 12)**

Procedimentos:

- 1- Posicionar a hélice na frente de um ventilador até que ela comece a girar.
- 2- Ao girar, o eixo da hélice enrola o fio da massa suspensa elevando-o.
- 3- Calcular a potência desenvolvida pela hélice através da energia potencial adquirida pela massa e pelo tempo de subida.

### 3. 2. 3. 4. 1 O que explorar - Energia eólica

A energia eólica, ou a energia dos ventos, resulta indiretamente da energia solar e da energia gravitacional, já que ela é resultado do movimento das massas de ar através do aquecimento e resfriamento da Terra, formando as correntes de convecção.

A Figura 3. 3 auxilia a visualização dos processos de transformação de energia. A energia gravitacional juntamente com a energia solar criam os ventos que podem ser aproveitados para girar hélices realizando trabalho. Este trabalho pode ser convertido em energia elétrica através de geradores elétricos.

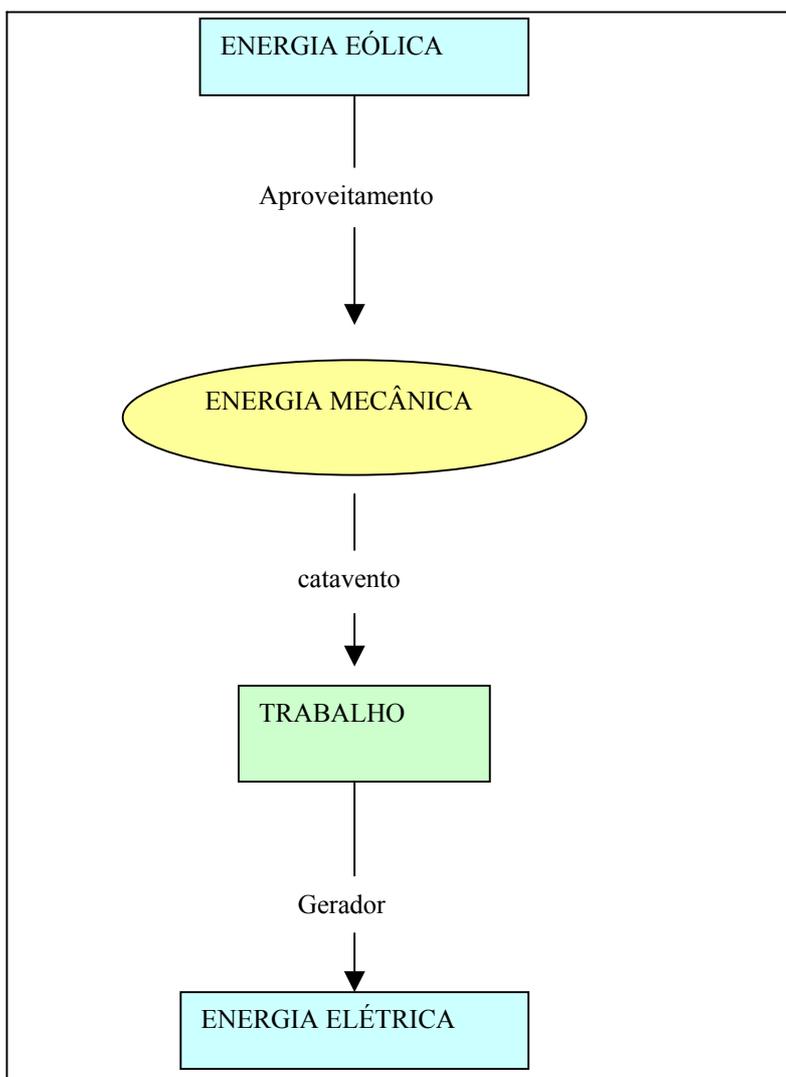


Figura 3. 4 Transformação de energia eólica em energia elétrica

A energia eólica foi muito importante no passado, como propulsor dos barcos a vela e moinhos.

Pode-se produzir energia elétrica acoplando-se um gerador eletromagnético às hélices que giram através da força dos ventos.

Existem algumas desvantagens, tais como a necessidade de que as hélices sejam mantidas na mesma direção do vento.

Além disso, as variações nas velocidades dos ventos fazem com que haja variações no abastecimento de energia. Os ventos podem deixar de soprar por dias ou soprar tão forte que danifiquem o sistema eletromecânico.

Ao contrário da água, não podemos represar o vento e moderar o seu fluxo. Podemos armazenar a eletricidade em baterias, em dias de ventania, mas este processo é custoso e pouco eficiente.

As usinas eólicas tradicionais têm eficiência baixa da ordem de 50%. Como o ar é menos denso que a água, as hélices dos moinhos de vento precisam ser cerca de 800 vezes maiores do que as de um moinho de água, para produzir a mesma quantidade de energia.

Em locais com ventos fortes e constantes, podem ser instaladas usinas eólicas. A velocidade mínima do vento para um bom aproveitamento da energia eólica é de 3 a 4 m/s.

No Brasil, na ilha de Fernando de Noronha, há um aproveitamento da energia eólica, gerando 75 kW de potência de eletricidade, o que dá uma economia de 51.000 litros de óleo diesel por ano.

Existem fórmulas para se estimar a potência gerada através dos ventos, tais como:

$$P = (8/27) \pi r^3 d v^3$$

onde :

P = potência máxima (para 3 pás)

r = raio das pás

d= densidade do ar

v = velocidade do vento

### *Breve histórico*

Uma das primeiras descobertas do uso da energia da natureza foi, provavelmente o uso da força do vento para impelir barcos a vela. O fogo foi o primeiro dos elementos da natureza a ser dominado pelo homem, tendo inúmeras aplicações desde o tempo das cavernas. Entretanto, o seu uso como fonte de energia para a realização de trabalho mecânico só se tornou possível quando associado à produção de pressão do ar ou do vapor, em meados do século XVIII.

Alguns historiadores julgam que, muito antes dos fenícios, as jangadas e canoas das Ilhas da Polinésia, Nova Guiné ou das Filipinas, já utilizavam a vela como sistema de propulsão.

Essas velas eram construídas de peles, de esteiras de palha ou de tecido, de formato triangular ou retangular.

Foi o emprego dessa energia que permitiu o descobrimento de continentes e o desenvolvimento de várias civilizações.

Na Europa, os moinhos de vento são usados desde o século XII, para movimentar enormes mós ou discos de pedra que moíam grãos de trigo e outros cereais para a fabricação de farinha. Porém, os moinhos de vento não só serviam para moer cereais. Tradicionais moinhos holandeses também são destinados para bombear água, utilizando a energia dos ventos.

Hoje, além dos clássicos moinhos de vento que continuam sendo usados em muitos países do hemisfério norte, geralmente empregados com a finalidade de extrair-se água dos poços, existem os geradores eólicos que utilizam poucas pás, com a finalidade de gerar energia elétrica.

Um sistema bastante simples e interessante, utilizado nos países africanos, é o cata-vento feito com duas metades de um tambor de óleo cortado no sentido longitudinal, adaptadas a um eixo vertical, girando sobre rolamentos. A vantagem deste sistema é a de que o cata-vento gira, qualquer que seja a direção dos ventos.

### **3. 2. 3. 4.2 Abordagem interdisciplinar - Energia eólica**

A seguir, sugestões de alguns temas relacionados com a demonstração, separados por disciplina:

#### **Física**

- A formação dos ventos – movimentos de convecção do ar.
- A energia cinética dos ventos – velocidade mínima do vento, para o aproveitamento da energia eólica.
- O tamanho das hélices de uma turbina eólica, ao contrário de energia hidráulica, as hélices das turbinas eólicas devem ter diâmetros muito maiores, pois o ar é muito menos denso do que a água.
- Transformação de energia mecânica em energia elétrica: lei da indução de Faraday.
- Corrente contínua e corrente alternada.
- Princípio da conservação da energia – 1ª Lei da Termodinâmica.
- Princípio da degradação da energia e a energia útil – 2ª Lei da Termodinâmica.
- Eficiência de conversão de energia.

- Unidades de medida de Energia e Potência.

### **Biologia**

- Danos ao meio ambiente causados pelos geradores eólicos na vegetação, na fauna, tais como o desmatamento, os riscos mecânicos e a produção de ruídos.
- Danos ao meio ambiente causados pelos resíduos produzidos na construção das hélices das turbinas eólicas (fibra de vidro, fibra de carbono, etc.).

### **Geografia**

- Localização das principais usinas eólicas (fazendas de vento) no Brasil e no mundo, por meio de mapas cartográficos.
- A contribuição da energia eólica para geração de eletricidade no Brasil e no mundo.

### **História**

- A história da energia e o aproveitamento da energia eólica – moinhos de vento para trabalhos mecânicos.
- Avanços tecnológicos quanto ao tipo de turbinas, para melhor aproveitamento da energia eólica para geração de eletricidade.
- Estabelecimento de paralelos entre o consumo energético de diferentes épocas e sociedades e a análise das principais alterações registradas ao longo da História, na geração e no consumo de energia.
- Hábitos e costumes relacionados com o consumo de energia ao longo do tempo – a evolução da matriz energética das fontes primárias de energia.

### **Química**

- Os tipos de materiais com que são construídas as hélices das turbinas eólicas.
- Processo de corrosão das turbinas.

### **Matemática**

- Interpretação de gráficos e de dados percentuais de geração e de consumo de energia eólica.
- Leitura de uma conta de luz – Data do processamento, dias de consumo de energia, consumo em kWh/mês, valor pago, etc..
- Como medir o consumo de eletricidade no relógio de luz – medidor ciclométrico e medidor de ponteiros.
- Estimativa do consumo de energia elétrica na residência – potência multiplicada pelo número de horas .

### **Português e línguas**

- Redação, leituras e discussões de temas relacionados com a energia eólica.
- Interpretação de textos de jornais e revistas de artigos que abordem assuntos sobre energia eólica.
- Tradução de textos em inglês ou em outras línguas, disponíveis nos diversos *sites* na *Internet*.

### 3. 2. 3. 5 Energia solar

**Energia solar 1 Painel solar fotovoltaico (conversão direta da energia luminosa em energia elétrica).**

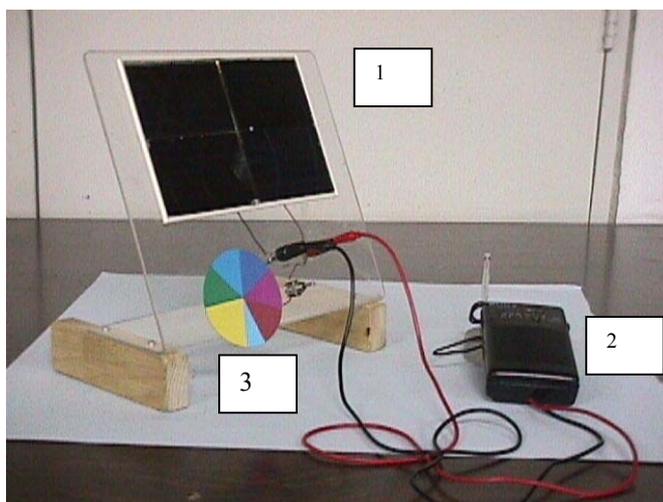


Foto 3. 13 Painel solar fotovoltaico que pode ser ligado a um motor elétrico ou a um rádio portátil

- 1- Painel solar fotovoltaico
- 2- Rádio portátil (3 volts), com fios ligados ao conector de pilhas.
- 3- Motor de corrente contínua que pode girar um disco de Newton acionado pela energia gerada no painel solar fotovoltaico.

#### **Utilizando a demonstração - Energia solar 1 (Foto 3. 13)**

Procedimentos:

- 1- Utilizar uma lâmpada de 100 Watts para iluminar o painel solar.
- 2- Aproximar a lâmpada do painel, até que o motor comece a girar, ou o rádio comece a funcionar.
- 3- Verificar a relação entre a altura do som do rádio e com a intensidade luminosa, variando-se a distância da lâmpada ao painel. Pode-se também variar a intensidade

luminosa colocando-se obstáculos entre a lâmpada e o painel, criando regiões de sombras.

- 4- Estimar o rendimento de conversão do painel fotovoltaico medindo-se a corrente e a voltagem de saída através de um multímetro. Como fonte de luz, utilizar o sol "a pino", estimado em aproximadamente  $1000 \text{ watts/m}^2$ .

### **Energia solar 2 - Aquecimento por absorção de luz.**



Foto 3. 14 Lâmpada de 200 Watts e frigideiras de alumínio - uma pintada de preto fosco e a outra, polida

- 1- Lâmpada incandescente de 200 watts de potência.
- 2- Frigideira de alumínio, com a superfície polida
- 3- Frigideira de alumínio pintada com tinta preto fosco, ou enegrecida com fuligem ("negro-de-fumo").

### **Utilizando a demonstração -Energia solar 2 (Foto 3. 14)**

Procedimentos:

- 1- Colocar inicialmente a panela de face brilhante voltada para a lâmpada acesa e apoiar uma das mãos sobre a panela. Cronometrar o tempo até que a panela se aqueça o suficiente, ao ponto de não se suportar manter a mão sobre a panela. Repetir o procedimento com a panela de face escura. Observa-se que a panela de face escura esquenta muito mais rapidamente do que a panela de face brilhante.
- 2- Através de um termômetro (com escala até 200 °C), medir a temperatura da panela com a face escura voltada para a lâmpada acesa. Após alguns instantes, observa-se que a temperatura se estabiliza. Pode-se demonstrar que a temperatura da panela estabiliza-se pois, ao atingir um certo patamar de aquecimento, ela passa a emitir ondas eletromagnéticas na faixa do infravermelho, na mesma quantidade da energia recebida pela lâmpada. Com este exemplo podemos explorar o efeito estufa - Se o planeta Terra passar a emitir uma quantidade de energia menor do que recebe, a sua temperatura deverá aumentar.
- 3- Com a panela aquecida, aproximar a face brilhante perto do rosto. Em seguida, fazer o mesmo com a face escura. Pode-se sentir a face escura "mais quente" que a face brilhante, apesar de a temperatura da panela estar uniforme. Com este efeito, pode-se demonstrar a diferença na emissividade das superfícies: a face escura emite mais energia do que a face brilhante, demonstrando que o bom absorvedor é também um bom emissor.
- 4- Pode-se demonstrar também o aumento da temperatura da panela escura devido à absorção da energia da lâmpada, fritando-se um ovo nesta panela quente. Observa-se que em poucos segundos, o ovo fica totalmente frito.

### 3. 2. 3. 5. 1 O que explorar - Energia solar

Conforme mostra a figura 3. 4, a energia da radiação solar pode ser convertida diretamente em energia elétrica através de células fotovoltaicas, ou ser usada como fonte de calor através de coletores solares, para aquecimento da água de uso doméstico, ou também, na geração de vapor d'água a ser utilizada em máquinas térmicas para geração de eletricidade.

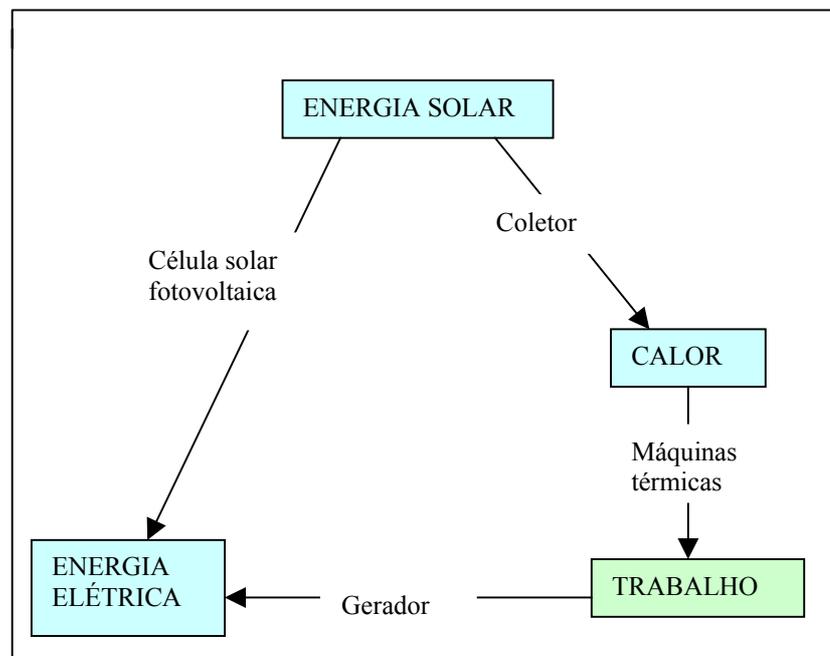


Figura 3. 5 Transformação de energia solar em energia elétrica ou em energia térmica

A célula solar absorve a energia da luz produzindo eletricidade. Chamamos este efeito de Fotovoltaico, em que existe interação direta da luz com a matéria - absorção da energia da luz (fótons) pelos elétrons dos átomos (matéria).

Atualmente são usadas células solares de material semicondutor tais como o silício (o mesmo material usado nos componentes eletrônicos atuais, tais como o diodo, transistor

e circuitos integrados). Existem 3 tipos de células de silício: o monocristalino, o policristalino e o amorfo.

As células de silício monocristalino e policristalino têm eficiência de conversão de energia luminosa em energia elétrica, na faixa de 16 a 24%, usadas em satélites artificiais e em usinas de energia solar. Porém o seu custo ainda é alto, comparado com o de outras fontes de energia.

As células de silício amorfo são as mais comuns no mercado e as de mais baixo custo. São encontradas em pequenos instrumentos eletrônicos, tais como calculadoras, relógios, etc.. Elas têm baixa eficiência de conversão (da ordem de 6 a 8%), mas devido ao seu baixo custo podem ser aproveitadas em aparelhos de baixo consumo energético.

Para se estimar a potência gerada por uma célula solar, podemos usar a luz do Sol “a piko” (Sol do meio dia, no verão) como referência. A potência irradiada pelo Sol nestas condições é de aproximadamente 1.000 watts / m<sup>2</sup>. Isto significa que em uma área de 1 metro quadrado incidem cerca de 1.000 watts de potência luminosa. Sabendo-se a eficiência de conversão, pode-se estimar qual seria a potência elétrica útil fornecida pelo painel.

Para aproveitarmos melhor a energia elétrica gerada pelos painéis solares, por exemplo, numa casa, precisamos montar um SISTEMA FOTOVOLTAICO, que consiste em armazenar a energia gerada durante o dia para ser utilizada durante a noite.

Um esquema simplificado deste sistema é mostrado à seguir (Figura 3. 5):

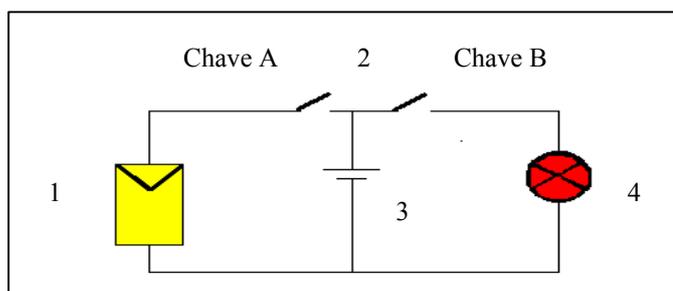


Figura 3. 6 Esquema elétrico de um sistema solar

1. Painel solar Fotovoltaico
2. Regulador
3. Bateria
4. Carga elétrica (lâmpada, TV, rádio, etc.)

Durante o dia, a chave A do regulador fica fechada. Assim, a energia elétrica gerada pelo painel solar carrega a bateria (acumulador de eletricidade).

À noite, o regulador abre a chave 1 e fecha a chave B. A energia elétrica gerada e armazenada durante o dia poderá ser utilizada, por exemplo, para acender uma lâmpada, ligar uma TV, rádio, etc.

Por enquanto, a utilização da energia solar para geração de eletricidade para uso residencial está restrita às regiões rurais e às comunidades isoladas, devido ao seu alto custo de instalação e também à necessidade de insolação adequada. Por exemplo, na cidade de São Paulo, a média anual de insolação não passa de 5 a 6 horas de sol por dia, o que é pouco para um aproveitamento satisfatório de eletricidade, de modo a compensar o investimento.

### 3. 2. 3. 5. 2 Abordagem interdisciplinar - Energia Solar

A seguir, algumas sugestões de temas relacionados com a demonstração, separados por disciplina:

#### **Física**

- Energia solar – Total da energia solar incidente na superfície da Terra.
- Ondas eletromagnéticas e o espectro solar.
- Conversão de energia luminosa em energia elétrica – Célula fotovoltaica e os semicondutores.
- Interação da luz com a matéria, por exemplo, o Efeito Fotoelétrico.
- Princípio da conservação da energia – 1ª Lei da Termodinâmica.
- Princípio da degradação da energia – 2ª Lei da Termodinâmica.
- Eficiência de conversão de energia luminosa em energia elétrica.
- Os satélites artificiais e os painéis solares fotovoltaicos.
- Absorção, reflexão e emissão de ondas eletromagnéticas.
- O efeito estufa.
- Transmissão de calor por condução, convecção e radiação.

#### **Química**

- A composição química das células solares fotovoltaicas.
- Os principais tipos de células solares: silício amorfo, silício policristalino e silício monocristalino.
- Processos de fabricação das células – crescimento de cristais, dopagem.

## **Biologia**

- Impactos ambientais causados no processo de fabricação de células solares fotovoltaicas e de semicondutores em geral.
- Impactos ambientais causados pelas baterias e acumuladores eletroquímicos descartados e abandonados em locais não apropriados: contaminação pelo ácido sulfúrico, pelo chumbo, pelo níquel, pelo cádmio, etc.

## **História**

- A história do aproveitamento da energia solar fotovoltaica.
- A evolução dos tipos de painéis solares fotovoltaicos ao longo da História da humanidade e as suas aplicações – geração de eletricidade de uso doméstico, comercial, em satélites, etc.
- A análise das principais alterações registradas ao longo da História, na produção e consumo de energia fotovoltaica, identificando como elas propiciaram saltos evolutivos.

## **Geografia**

- A localização das principais regiões no Brasil por meio de mapas cartográficos, com grande potencial de insolação e as possibilidades de geração de eletricidade.
- A contribuição da energia solar fotovoltaica na matriz de geração de eletricidade no Brasil e no mundo.
- Os principais produtores mundiais de painéis solares e os custos de produção.
- A energia solar fotovoltaica como alternativa energética para o futuro.
- Influência da latitude e da longitude na energia solar incidente na Terra.

- As estações do ano e a posição do Sol com relação à Terra.
- A utilização da energia solar fotovoltaica em regiões isoladas.

### **Português e línguas**

- Redação, leituras e discussões de temas que envolvam a energia solar fotovoltaica.
- Interpretação de textos de jornais e revistas ou de artigos que abordam assuntos sobre a energia solar fotovoltaica.
- Tradução de textos em inglês ou em outras línguas, disponíveis, por exemplo, nos diversos *sites* na *Internet*.

### **Matemática**

- Interpretação de gráficos e de dados percentuais de geração e de consumo de energia solar fotovoltaica.
- Leitura de uma conta de luz , tais como data de processamento, dias de consumo de energia, consumo em kWh, valor a ser pago, etc..
- Como medir o consumo de eletricidade no relógio de luz – medidor ciclométrico e medidor de ponteiros.
- Estimativa do consumo de energia elétrica na residência – potência multiplicada pelo número de horas.
- Cálculo da eficiência de conversão das células fotovoltaicas.

## **4 PROPOSTAS DE ALGUMAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS ABORDANDO OS USOS FINAIS DE ENERGIA NO COTIDIANO**

No capítulo anterior, vimos que a metodologia proposta visa a utilização de experimentos de demonstração no sentido de explorar a INTERDISCIPLINARIDADE do tema energia.

Neste capítulo, a metodologia proposta visa a CONTEXTUALIZAÇÃO do aprendizado, na qual abordaremos os usos finais de energia no setor residencial, dando ênfase para o uso da Energia Elétrica com demonstrações e a realização de algumas medições físicas envolvendo a iluminação, a refrigeração, o aquecimento, a cocção de alimentos e nível de conforto ambiental (temperatura e umidade relativa do ar).

O objetivo é possibilitar ao aluno, através de algumas demonstrações e medições, compreender os processos envolvidos no uso final da energia em alguns ambientes, principalmente os da sua residência e da sua escola, em que os aparelhos de uso doméstico à sua volta, possam ser utilizados de maneira simplificada, como equipamentos de tomada de dados e de ensaios, como as de um laboratório.

Variáveis físicas, tais como temperatura, nível de iluminação, umidade relativa, etc., poderão ser verificáveis com o auxílio de instrumentos simples e de fácil manuseio que poderão fazer parte de um *kit* experimental para medições: então, o aluno faria um "diagnóstico" de consumo de energia e de rendimento de aparelhos domésticos e do nível de conforto ambiental, indicando medidas a serem adotadas no sentido de tentar diminuir o consumo de energia, combatendo-se o desperdício e/ou melhorar o conforto ambiental.

Deve-se, entretanto, recomendar muito cuidado na realização destas experiências, principalmente, com aquelas que envolvem medições elétricas (ver 4. 7 - Choque elétrico - Efeitos fisiológicos da corrente elétrica, no final deste capítulo).

Uma proposta para compor este *kit* experimental de medições teria os seguintes instrumentos:

1. 1 luxímetro digital
2. 2 termômetros de  $-10$  a  $+100^{\circ}\text{C}$
3. 1 multímetro digital
4. 1 cronômetro digital



Foto 4. 1 *Kit* experimental de medições

Começaremos pela iluminação que é responsável por uma parcela significativa do uso final de eletricidade numa residência ou na escola.

## 4.1 Iluminação

Os olhos são um dos órgãos mais extraordinários, mais preciosos do ser humano, sem o qual, a luz perderia muito do seu significado.

As tarefas visuais desempenhadas pelos olhos são diversas e podem estar relacionadas com a segurança, a produtividade, o lazer, o comércio, a aquisição de informações entre outras.

A iluminação deficiente pode ter um efeito negativo no bem-estar do homem (conforto ambiental), além de conduzir a uma execução ineficiente ou perigosa de tarefas, incluindo a circulação em edifícios e estradas, aumentando o risco de acidentes.

Investigações científicas conduziram ao estudo dos níveis luminosos necessários a várias tarefas específicas. Como resultado, a Comissão Internacional de Iluminação publicou um Código, em que se recomendam os níveis (mínimos) de iluminância para quase todas as tarefas (ANEXO 6).

Em locais em que estas recomendações não forem seguidas, a iluminação inadequada pode prejudicar o conforto ambiental, a segurança e a produtividade.

Por outro lado, é necessário aliar-se a boa iluminação com economia de energia. É fato real que as perdas de energia devido à baixa eficácia das lâmpadas são gigantescas.

Hoje, as lâmpadas incandescentes de baixa eficácia são responsáveis por 45% do consumo mundial de eletricidade em iluminação.

O objetivo desta proposta de atividade experimental a ser explorada nas aulas de física é fazer um diagnóstico do nível de iluminação de ambientes e do consumo energético de lâmpadas.

Isto poderá ser feito por meio de medições de iluminâncias com o luxímetro e de variáveis elétricas com o multímetro.

#### **4. 1. 1 Propostas de atividades experimentais**

##### **4. 1. 1. 1 Medições de níveis de iluminância**

- Escolher um ambiente, por exemplo, a sala de aula da escola.
- Com o auxílio de um luxímetro, medir a iluminância em vários pontos da sala, numa posição próxima do nível das carteiras ou mesas dos alunos.
- Verificar se o nível de iluminação está adequado comparando-se as iluminâncias medidas com valores recomendados (ANEXO 6).
- Repetir o mesmo procedimento para vários outros ambientes tais como nos corredores, nas secretarias, nos banheiros, na biblioteca, etc..

##### **4. 1. 1. 2 Medições elétricas utilizando alguns tipos de lâmpadas**

- Sugerimos montar um circuito elétrico (Figura 4. 1) utilizando fios de ligação, soquete para lâmpadas, tomada e *plugs* para tomada.

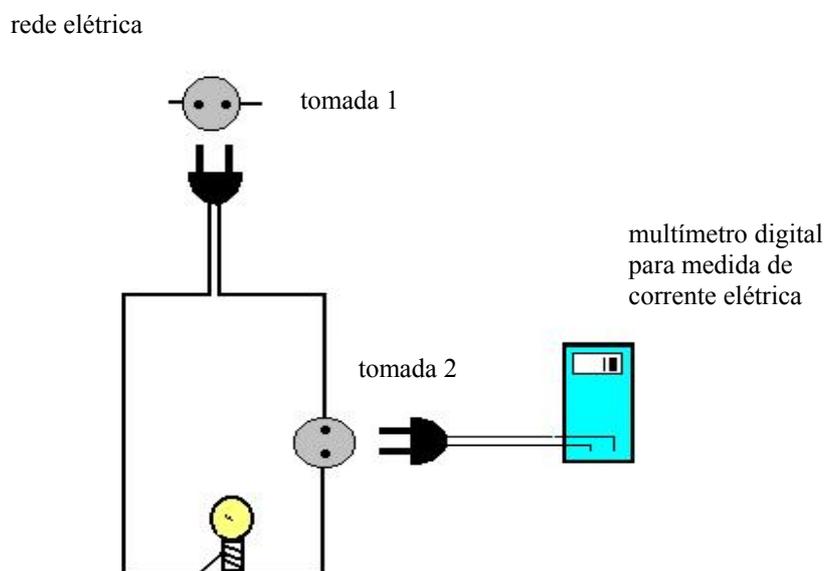


Figura 4. 1 Esquema de um circuito para a medições elétricas

- Colocar uma lâmpada incandescente no soquete e ligar o circuito à rede elétrica.
- Utilizar o multímetro como um amperímetro (para medição da corrente elétrica) conectando-o na tomada 2.
- Utilizar o multímetro como voltímetro (para medição de voltagem), conectando-o na tomada 1.
- Calcular a potência consumida pela lâmpada.
- Repetir o mesmo procedimento com um outro tipo de lâmpada, por exemplo, uma fluorescente compacta.
- No interior de uma sala escura, posicionar o luxímetro a uns 2 m de distância da lâmpada acesa, medindo-se a iluminância.
- Repetir o procedimento para a outro tipo de lâmpada mantendo a mesma distância do luxímetro.
- Comparar as iluminâncias e as respectivas potências das lâmpadas.

- Avaliar os valores obtidos, com os dados dos fabricantes das lâmpadas fazendo uma análise do consumo energético e da iluminância.

#### **4. 1. 1. 3 Índice de reprodução de cores**

Outro aspecto importante relacionado com a iluminação é o modo como a luz reproduz as cores, que é chamada de Índice de Reprodução de Cores. (IRC).

As cores dos objetos que vemos, são parcialmente determinadas pela natureza da luz que os ilumina.

A luz produzida por algumas lâmpadas é semelhante à luz do Sol, cuja reprodução de cor é considerada “verdadeira” para nós. Outras lâmpadas, entretanto, podem produzir luz que torna difícil a distinção de cores.

Este fato deve ser levado em conta na escolha de uma lâmpada, pois a reprodução de cor pode ser importante, variando de aplicação para aplicação.

Há casos em que é necessário se ter uma boa reprodução de cor, tal qual à luz do dia, por exemplo, em hospitais, trabalhos de impressão, floriculturas, lojas de roupas, museus, estádios, etc.

Na indústria, bastará, muitas vezes, poder discriminar as cores entre si, ou no caso de iluminação pública e iluminação de segurança, em que não há grande necessidade de reconhecer-se as cores. Nestes casos, é mais importante, reconhecer os detalhes dos objetos iluminados.

A reprodução de cores também é importante para a criação de um ambiente agradável, por exemplo, em locais de encontro e diversão, tais como restaurantes.

Podemos visualizar a reprodução de cor por meio de uma demonstração simples, utilizando lâmpadas que emitem luz de características diferentes, como é descrito a seguir:

***Demonstração: Índice de Reprodução de cores.***

Uma demonstração simples e muito interessante pode ser feita usando 3 tipos de lâmpadas: a incandescente comum, a fluorescente compacta e a de vapor de sódio.

Ao iluminarmos uma figura ou um objeto multicolorido, por exemplo, a foto noturna de uma avenida, com diversas cores, desde a cor vermelha até o violeta, obtemos o seguinte resultado:

*Lâmpada incandescente:*

Destacamos as cores na faixa do espectro próxima da região do vermelho – as cores vermelho e amarelo se sobressaem sobre as outras (Foto 4. 2. 1).

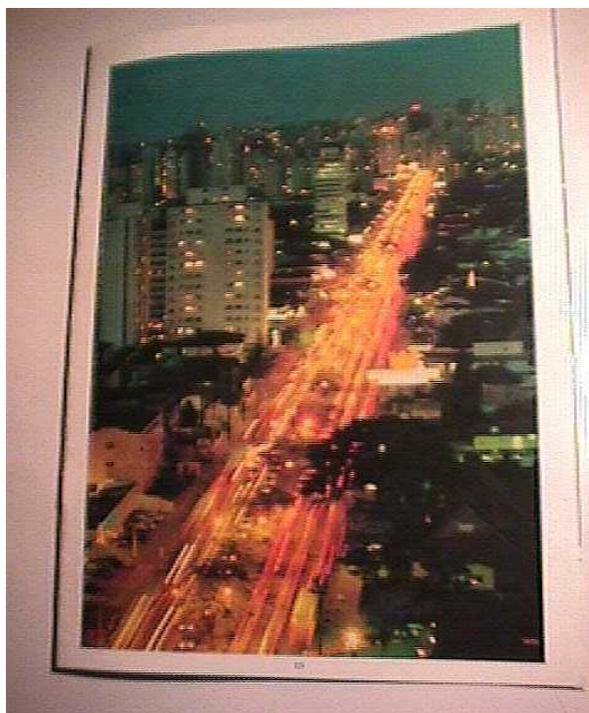


Foto 4. 2. 1 Fotografia iluminada com a luz proveniente de uma lâmpada incandescente comum

*Lâmpada fluorescente compacta:*

Com esta lâmpada, destacamos as cores próximas do azul – as cores azul e violeta ficam mais evidentes e a cor vermelha fica em segundo plano (Foto 4. 2. 2).

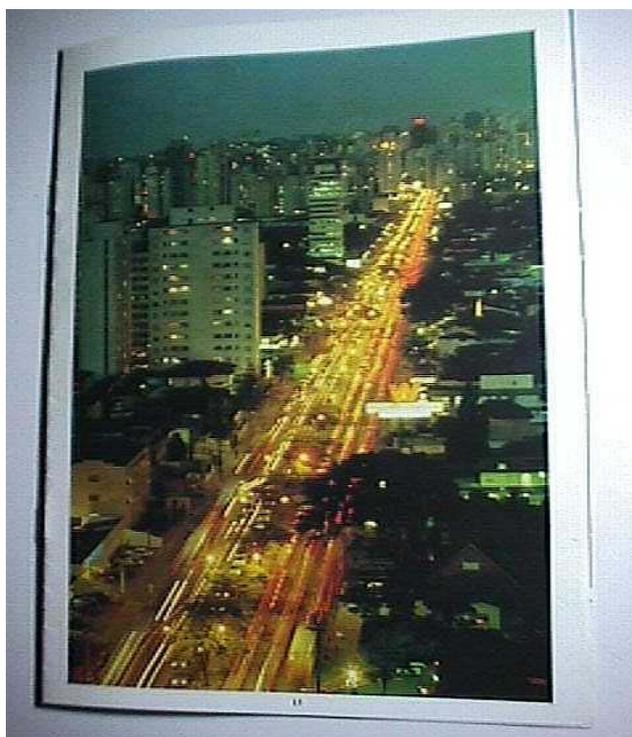


Foto 4. 2. 2 Fotografia iluminada com a luz proveniente de uma lâmpada fluorescente compacta

*Lâmpada de vapor de sódio:*

Como esta lâmpada é praticamente monocromática (emite luz de cor alaranjada), não conseguimos distinguir as outras cores na figura ou objeto, além da cor alaranjada (Foto

4. 2. 3). Esta lâmpada, apesar de ser muito eficiente em termos energéticos, ela tem um péssimo índice de reprodução de cores (IRC).

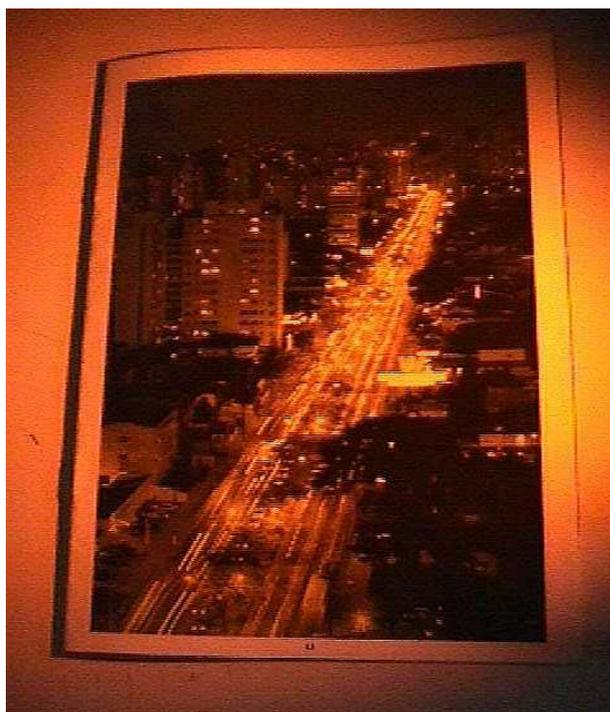


Foto 4. 2. 3: Fotografia iluminada com a luz proveniente de uma lâmpada de vapor de sódio

Portanto, dependendo do uso, a reprodução de cores torna-se importante na escolha de uma lâmpada. Por exemplo, não se deve usar uma lâmpada de vapor de sódio numa floricultura, numa loja de roupas, ou num estádio de futebol, pois fica péssima a reprodução das cores.

Esta mesma demonstração poderá ser feita iluminando-se uma garrafa plástica transparente e incolor, contendo uma solução de violeta genciana dissolvida em água.

Ela se torna azul quando iluminada com uma lâmpada fluorescente e rosa quando iluminada com uma lâmpada incandescente.

#### 4. 1. 1. 4 Radiações ultravioleta e infravermelha

Radiações eletromagnéticas com comprimentos de onda além do violeta e abaixo do vermelho do espectro visível são conhecidas como radiação ultravioleta e radiação infravermelha, respectivamente.

##### *Radiação ultravioleta*

Os limites da faixa espectral da radiação ultravioleta não são bem definidos, porém, são geralmente considerados como sendo entre 100 e 400 nm (nm = nanômetros, onde  $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ ). Para finalidades práticas, esta região do comprimento de onda é subdividida em 3 faixas:

- UV–A (*Ultraviolet A*) de 315 a 400 nm : A radiação nesta faixa atravessa a maioria dos vidros e praticamente não produz eritema ou bronzeamento na pele humana. Ela tem a característica de causar fluorescência em alguns materiais e reação fotoquímica em outros, sendo portanto, usado em diversos processos industriais.
- UV–B (*Ultraviolet B*) de 280 a 315 nm: Nesta faixa, a radiação tem efeito de eritema e pigmentação (bronzeamento) sobre a pele humana, formando também vitamina D no corpo, que tem uma ação anti-raquítica sendo, portanto, usada para fins terapêuticos.
- UV–C (*Ultraviolet C*) de 100 a 280 nm: A radiação nesta faixa tem um forte efeito germicida matando bactérias, fungos e outros microorganismos no ar ou em superfícies expostas, porém, não penetra na maioria das substâncias. Em comprimentos de onda inferiores a 200 nm, esta radiação é absorvida pelo ar e

forma ozônio que tem propriedades desodorizantes, mas também danifica o organismo em certas concentrações.

Em geral, UV-B e UV-C necessitam de certos cuidados na sua aplicação. Exposições prolongadas a estas radiações, provocam eritema e irritações nos olhos (conjuntivite).

A luz solar tem, em termos relativos, muita UV-A, pouca UV-B porém, nenhuma radiação UV-C.

As principais fontes de radiação de UV são principalmente, lâmpadas de descarga, como as de vapor de mercúrio de baixa pressão.

#### *Radiação infravermelha*

Normalmente, considera-se a radiação infravermelha numa faixa entre 780 nanômetros e 1 milímetro (1 milímetro = 1 mm =  $10^{-3}$  m). Para finalidades práticas, esta radiação é subdividida em 3 faixas:

- IR-A (*Infrared A*) de 780 a 1400 nm
- IR-B (*Infrared B*) de 1400 a 3000 nm
- IR-C (*Infrared C*) de 3000 a 1 mm

Toda radiação poderá ser absorvida e transformada em calor, porém, a região IR-A tem efeito mais forte de aquecimento dentre todos os tipos de radiação.

A radiação infravermelha (IR-A) é invisível, mas pode ser sentida como calor, sendo usada em aplicações tais como na indústria, agricultura, uso terapêutico como massagem e para amenizar dores musculares, etc.

***Demonstração: Efeito Fotoelétrico.***

A proposta de uma demonstração para visualizar a diferença entre as radiações ultravioleta e infravermelho é pelo EFEITO FOTOELÉTRICO que pode ser realizado com materiais simples.

Como fonte de luz ultravioleta, podemos utilizar uma lâmpada tipo germicida (utilizada para esterilização, em certos tipos de filtros de água), que é uma lâmpada de descarga de vapor de mercúrio de baixa pressão, sem a camada de material fluorescente nas paredes internas, que converte a luz UV, em visível (Foto 4. 3). Deve-se tomar o cuidado de não olhar diretamente a luz desta lâmpada, pois grande parte desta radiação está na faixa do UV-C que é prejudicial ao organismo, como vimos anteriormente.

Como fonte de luz infravermelha, utilizamos uma lâmpada incandescente comum (Foto 4. 4) que emite a maior parte de sua radiação na região do infravermelho (ver ANEXO 6).

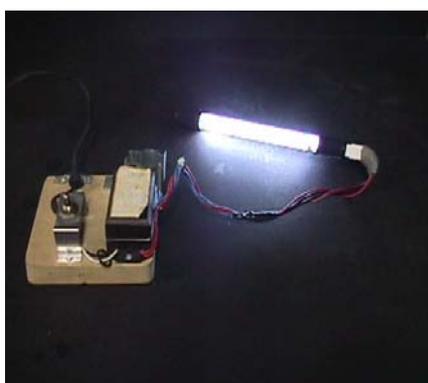


Foto 4. 3 Lâmpada fluorescente sem a camada de pó fluorescente



Foto 4. 4 Lâmpada incandescente comum

Pode-se construir um eletroscópio simples, feito com placas de alumínio, placas de plástico, fio de cobre e cola epóxi. A base é feita com alumínio de 0,5mm de espessura e o ponteiro do eletroscópio, feito com alumínio mais fino, recortado de lata de refrigerante ou cerveja (Foto 4. 5).

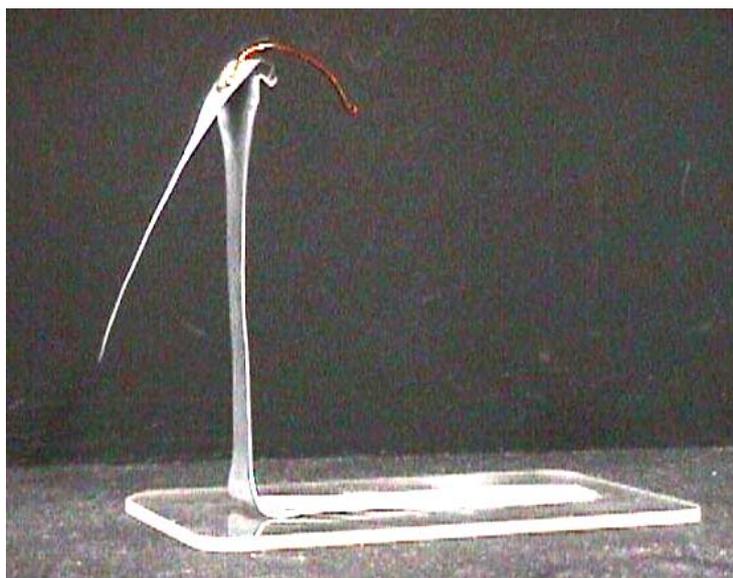


Foto 4. 5 Eletroscópio simples construído com alumínio e plástico

Procedimentos:

- Limpar a superfície de alumínio com uma lixa.
- Carregar o eletroscópio atritando-se um tubo de PVC com papel toalha.
- Uma vez carregado o eletroscópio, incidir a luz da lâmpada incandescente e verificar o que acontece.
- Em seguida, incidir a luz da lâmpada de mercúrio e verificar se o eletroscópio se descarrega.



Foto 4. 6 A luz ultravioleta descarrega o eletroscópio quando ele está carregado com cargas negativas

Se o eletroscópio estiver carregado com cargas negativas, o mesmo deverá se descarregar com a incidência da luz ultravioleta (Foto 4. 6). Caso contrário, ou seja, se o eletroscópio estiver carregado com cargas positivas, ele não se descarregará.

Com este experimento, pode-se demonstrar o fenômeno da interação da luz com a matéria, em que a radiação de menor comprimento de onda (maior energia) “arranca” mais elétrons da superfície metálica do eletroscópio, do que a radiação de maior comprimento de onda (menor energia).

#### **4. 1. 1. 5 Percepção de movimentos e a luminosidade**

Um dos aspectos importantes da iluminação é o nível de iluminância dos diversos ambientes, de acordo com as finalidades e as atividades a serem executadas (ver tabela de nível de iluminância - ANEXO 6).

Uma demonstração simples de ser realizada para demonstrar o efeito que o nível de iluminação inadequada pode causar na percepção de movimentos, é o descrito inicialmente em 1922, pelo físico alemão Carl Pulfrich.

Faz-se um pêndulo simples de comprimento aproximado de 60 cm oscilar a uns 3 metros do observador. O plano de oscilação do pêndulo deve ficar perpendicular à linha de visão do observador (figura 4. 2).

Mantendo-se os dois olhos abertos, coloca-se um filtro escuro (que pode ser uma lente de vidro escura de óculos de sol ou um papel celofane) na frente de um dos olhos.

A impressão que se tem é que o pêndulo passa a girar em um círculo enquanto oscila.

Repetindo-se o procedimento, colocando-se o filtro escuro na frente do outro olho, o pêndulo parece girar em um sentido contrário ao anterior.

A explicação para este efeito é que a imagem menos luminosa que se forma na retina do olho coberto pelo filtro escuro chega ao cérebro com um pouquinho de atraso com relação a imagem mais brilhante da outra retina. Este atraso causa uma defasagem nos estímulos elétricos que chegam ao cérebro que passa a interpretar como um deslocamento do objeto para frente ou para trás, dependendo da direção do movimento do pêndulo.

Portanto, um nível de iluminação inadequado para uma determinada tarefa, pode causar ilusão de ótica que pode dificultar a realização da mesma ou, em certas situações, até ocasionar acidentes.

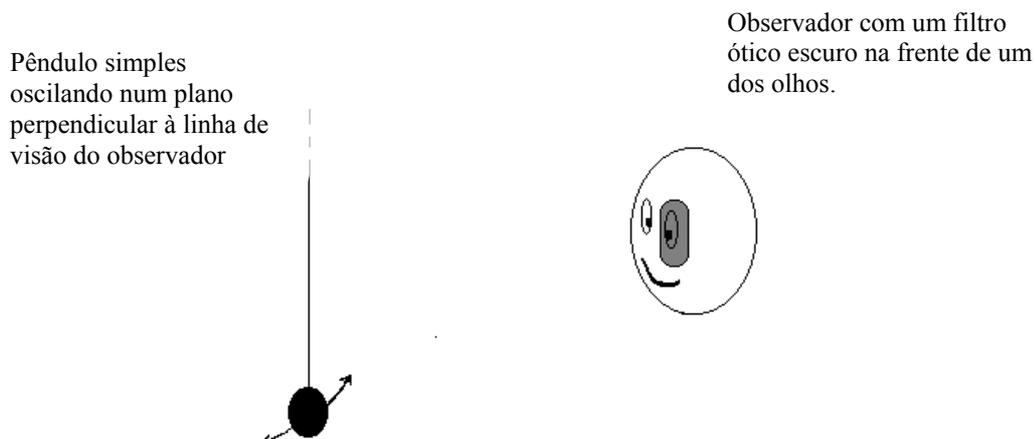


Figura 4. 2 Pêndulo de Pulfrich

No olho humano, a imagem ótica é formada sobre a retina<sup>1</sup>. Na retina existem cerca de 7 milhões de cones e 120 milhões de bastonetes. Os cones são sensíveis às cores, só detectam luz de intensidade relativamente alta e se localizam numa região mais central da retina chamada de fóvea. Os bastonetes, que se localizam mais na região periférica da fóvea, não permitem a percepção das cores mas, em compensação, são muito mais sensíveis à luz. Os bastonetes ficam desativados para altos níveis de iluminação como na luz do dia (visão diurna), sendo ativados em níveis de iluminação mais baixa (visão noturna).

Na fóvea, praticamente não existem bastonetes, que são fotorreceptores de alta sensibilidade. Como os cones são pouco sensíveis e não funcionam em níveis de iluminação muito baixos, resulta que a fóvea é um ponto cego nesta situação.

---

<sup>1</sup> Ver VUOLO, J. H. *Visão Humana*. 1999.

Assim, em ambientes com pouca luminosidade, a melhor imagem não é obtida olhando-se diretamente para o objeto, mas deslocando o eixo visual cerca de 20 graus, a fim de sensibilizar mais os bastonetes.

#### **4. 1. 1. 6 Efeito estroboscópico das lâmpadas de descarga gasosa.**

Uma das desvantagens das lâmpadas de descarga gasosa é o efeito estroboscópico que produzem, ao contrário das lâmpadas de filamento, que praticamente não possuem este efeito.

Como a tensão de alimentação é do tipo alternada, as lâmpadas de descarga piscam de acordo com as oscilações dessa tensão.

Um motor cujo eixo gire em alta rotação, numa frequência igual ou próxima da frequência em que a lâmpada pisca, pode parecer estar parado ou girando em baixa rotação, podendo causar acidente de trabalho.

Por este motivo, em locais onde haja possibilidade de ocorrer este problema, é recomendado o uso de pelo menos duas lâmpadas ligadas em circuitos diferentes (fases diferentes), que farão com que as "piscadas" estejam defasadas, evitando o efeito estroboscópico.

Para demonstrar este efeito, podemos usar um estroboscópio de frequência variável usado em discotecas ou salões de bailes e um ventilador. Podemos desenhar uma figura numa das pás do ventilador.

Numa sala escura, colocamos o ventilador para funcionar e o iluminamos com o estroboscópio (Foto 4. 7).

Fazendo-se coincidir a frequência de piscagem com a frequência de rotação do ventilador, podemos fazer com que as pás do ventilador pareçam estar paradas, ou

girando em baixa rotação em ambos os sentidos. Podemos até fazer aparecer uma ou mais figuras nas pás, dependendo da frequência de piscagem do estroboscópio.



Foto 4. 7 Estroboscópio e ventilador para demonstração do efeito estroboscópico das lâmpadas de descarga gasosa

## **4.2 Refrigeração e congelamento**

A refrigeração e o congelamento de alimentos são responsáveis uma parte significativa do consumo de energia elétrica numa residência. Por exemplo, o consumo mensal de um aparelho fabricado em 1993 é de cerca de 45 kWh/mês e equivale a aproximadamente 30% do consumo final de eletricidade no setor residencial.

O uso inadequado e a falta de informação do consumidor podem aumentar este consumo (Ver ANEXO 7).

A informação e a educação do usuário podem representar um papel importante para o uso eficiente de uma geladeira, pois os fabricantes e os serviços de assistência técnica apontam um elevado número de chamadas por parte dos usuários, em grande parte, atribuídos ao uso impróprio do equipamento, principalmente, regulagem inadequada do termostato e falta de limpeza do condensador e do evaporador.

Portanto, um esforço maior de comunicação por parte dos fabricantes no sentido de informar melhor os consumidores poderá desempenhar um papel fundamental para a redução do consumo de energia.

Numa proposta de ensino mais contextualizada, a escola poderia auxiliar para alcançar estes objetivos.

### **4.2.1 Propostas de atividades experimentais**

Estes experimentos podem ser feitos com instrumentos simples tais como termômetro, balança, trena ou régua., em que o aluno poderá obter uma estimativa aproximada do consumo energético de uma geladeira.

#### 4. 2. 1. 1 Carga térmica dos alimentos na geladeira

Podemos estimar por dia, a quantidade de calorias introduzidas numa geladeira devido aos alimentos, seguindo os procedimentos:

- Medir a temperatura média no interior da geladeira.
- Medir a temperatura média fora da geladeira, durante 24 horas (temperatura ambiente).
- Fazer uma estimativa da quantidade de alimentos, em gramas, que são colocados dentro da geladeira, durante um dia, supondo-se que eles estejam à temperatura ambiente. (Medir a massa dos alimentos com uma balança.)
- Considerar o calor específico dos alimentos igual ao da água ( $1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ ).
- Usando a fórmula  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ , calcular a quantidade de calor introduzida por dia, pelos alimentos, para dentro da geladeira (carga térmica).

#### 4. 2. 1. 2 Abertura da porta da geladeira

Podemos estimar a quantidade de calorias introduzidas na geladeira, a cada vez que abrimos a porta, supondo que haja troca total do ar frio que sai, pelo ar quente do ambiente que entra. Como o ar frio é mais denso, tende a descer e sair pela porta, entrando ar quente em seu lugar.

- Medir o volume interno livre da geladeira, utilizando uma trena ou uma régua.
- Medir a temperatura interna média da geladeira.
- Medir a temperatura externa média (temperatura ambiente).
- Para obtermos a massa de ar que entra na geladeira, multiplicar o volume interno total da geladeira, pela densidade do ar, que vale aproximadamente a  $0,0013\text{ g/cm}^3$ .
- Considerar o calor específico do ar igual a  $0,239\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ .

- Usando a fórmula  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ , calcular a quantidade de calor introduzida pela entrada de ar, a cada vez que a porta da geladeira é aberta.
- Contar, em média, o número total de vezes em que a porta da geladeira é aberta num dia e calcular a quantidade total de calor introduzida pela entrada de ar ao longo desse dia.

#### 4. 2. 1. 3 Espessura das paredes da geladeira

Podemos fazer uma estimativa de entrada de calor na geladeira, via condução, através das paredes:

- Medir a espessura das paredes da geladeira.
- Utilizando como referência a tabela de perdas térmicas (mensal) de uma geladeira, em função da espessura das paredes (ver ANEXO 7), estimar a perda total de energia via condução de calor pelas paredes da geladeira.

#### Estimativa do *COP* da geladeira

Colocando-se um recipiente plástico contendo água quente dentro da geladeira, podemos fazer uma estimativa do *COP*(*coefficient of performance*) da geladeira.

- Medir a temperatura interna da geladeira em que o compressor pára de funcionar (temperatura de desligamento do termostato).
- Colocar rapidamente, um recipiente de plástico contendo 1 litro de água a 50<sup>0</sup>C, dentro da geladeira.
- Cronometrar o tempo a partir do instante em que o compressor começa a funcionar, até o instante em que ele pára, ou seja, quando a água atinge a temperatura do interior da geladeira (temperatura de desligamento do termostato).

- Verificar a potência de consumo da geladeira em watts e calcular a energia elétrica consumida:  $E = P \times \Delta t$  (Energia = potência x tempo).
- Calcular a quantidade de calorias da água quente que foi introduzida na geladeira.
- Calcular o COP da geladeira por meio da razão:  $COP = \text{energia térmica retirada/energia fornecida pela rede elétrica}$ , tomando o cuidado de utilizar unidades adequadas (ver ANEXO 7).
- Procurar obter com o fabricante, o valor do COP do modelo da geladeira utilizada e comparar com os valores obtidos.

#### **4. 2. 1. 4 Camada de gelo no evaporador e poeira acumulada no condensador da geladeira**

Algumas medidas simples poderão ser feitas para estimar-se como a camada de gelo do evaporador e sujeira (como gordura e pó) podem afetar o funcionamento da geladeira.

Como o gelo é um bom isolante térmico (condutibilidade térmica cerca de 100 vezes menor que o do alumínio), uma pequena camada de gelo pode aumentar significativamente o consumo de energia da geladeira. Estima-se que uma camada de gelo de aproximadamente 0,5 cm, pode acarretar um aumento de consumo de energia de até 25%.

*Influência da camada de gelo:*

- Utilizar uma geladeira sem o sistema de degelo automático, com uma camada de gelo no evaporador de mais de 0,5 cm.
- Abrir a porta da geladeira até que o compressor comece a funcionar, fechando-a em seguida.

- Cronometrar o tempo a partir do instante em que o compressor começa a funcionar, até o instante em que ele pára.
- Descongelar a camada de gelo do evaporador, deixando-a bem limpa.
- Repetir o procedimento anterior procurando manter as mesmas condições (temperatura e quantidade dos alimentos, temperatura externa, etc.).
- Comparar os tempos de funcionamento do compressor da geladeira nos dois casos e fazer uma estimativa do aumento do consumo de energia elétrica, antes e depois de limpar a camada de gelo.

#### *Influência da sujeira do condensador*

- Utilizar uma geladeira com sujeira acumulada, como gordura e pó, no condensador (grade na parte de trás).
- Abrir a porta da geladeira até que o compressor comece a funcionar, fechando-a em seguida.
- Cronometrar o tempo a partir do instante em que o compressor começa a funcionar, até o instante em que ele pára.
- Limpar a grade do condensador.
- Repetir o procedimento anterior procurando manter as mesmas condições (temperatura e quantidade dos alimentos, temperatura externa, etc.).
- Comparar os tempos de funcionamento do compressor da geladeira nos dois casos e fazer uma estimativa do aumento do consumo de energia elétrica, antes e depois de limpar a grade do condensador.

#### **4. 2. 1. 5 Conclusão - eficiência da geladeira**

Após serem feitas medições, tais como as propostas anteriormente, o aluno poderá chegar a algumas conclusões, por exemplo, quais os fatores mais importantes que afetam a eficiência de funcionamento de uma geladeira.

Um dos principais fatores responsáveis pelo consumo de energia elétrica de uma geladeira é a entrada de calor pelas paredes. Infelizmente, a espessura das paredes isolantes da geladeira é uma característica que não podemos alterar. Para minimizar a entrada de calor pelas paredes da geladeira, pode-se adotar medidas tais como instalá-la longe de fontes de calor como o fogão ou a luz solar.

### 4.3 Chuveiro elétrico

O Brasil é um dos poucos países do mundo que ainda utiliza o chuveiro elétrico em grande escala.

A eficiência de conversão da energia elétrica para térmica é da ordem de 90%, ou seja, quase toda a energia elétrica é transformada em calor, pelo Efeito Joule.

Dependendo da potência do chuveiro e do tempo de duração do banho, o consumo da energia elétrica poderá ser significativa. Estima-se que em média, 30% do consumo total de energia elétrica de uma residência é devido ao uso do chuveiro elétrico.

#### 4.3.1 Propostas de atividades experimentais

##### 4.3.1.1 Consumos de energia e de água num chuveiro elétrico

- Anotar as potências elétricas nominais do chuveiro, das várias opções de aquecimento (inverno, verão, etc.)
- Medir o tempo médio de duração de um banho.
- Calcular a energia elétrica consumida, em kWh, usando a fórmula  $E = P \times \Delta t$ .
- Calcular o consumo mensal de energia do chuveiro, levando-se em conta o número de banhos diário e o número de dias de um mês.
- Para calcular a quantidade de água consumida, com o auxílio de uma bacia, medir a quantidade de água que sai do chuveiro, durante 1 minuto. Calcular a quantidade total de água consumida durante um banho de 8 minutos de duração.

Uma outra maneira de medir consumo de energia elétrica de um chuveiro é fazer a leitura diretamente no relógio do consumo de eletricidade:

- Desligar todos os aparelhos que utilizam energia elétrica da casa, exceto o chuveiro.

- Verificar se o relógio de leitura do consumo de eletricidade pára de funcionar.
- Ligar o chuveiro cronometrando o tempo de funcionamento e, em seguida, fazer a leitura do consumo de eletricidade no relógio.
- Comparar o valor da energia registrada no relógio com o obtido anteriormente.

#### **4.3.1.2 Eficiência de conversão energética de um chuveiro**

- Medir a temperatura de entrada da água no chuveiro.
- Utilizando um recipiente de isopor de aproximadamente 0,5 litro, coletar a água quente que sai do chuveiro, tomando o cuidado de manter o recipiente bem próximo da saída de água, cronometrando o tempo de funcionamento do chuveiro, até completar o volume de água desejado.
- Medir a temperatura da água quente.
- Usando a fórmula  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ , calcular quantas calorías foram transferidas para a água.
- Converter calorías em kWh (1 kWh = 860 kcal) e comparar com a energia elétrica consumida.
- Supondo que a eficiência de conversão da energia elétrica em térmica da água seja de 95%, estimar as perdas.
- Repetir o procedimento anterior, colocando o recipiente de isopor numa posição mais baixa e verificar se houve aumento significativo das perdas térmicas.

#### 4.4 Forno de microondas

Microondas são ondas eletromagnéticas de alta frequência (da ordem de alguns GigaHertz).

Em 1939, o físico americano Albert Wallace Hull desenvolveu o magnetron – gerador de microondas para radar.

Dez anos depois, o engenheiro americano Percy Lebaron Spencer, por acaso percebeu que um copo de leite se aquecia quando próximo de um magnetron.

Diretor de uma indústria eletrônica, Spencer logo percebeu as possibilidades do gerador na cozinha. Assim, surgiu, no início dos anos 50, o primeiro forno de microondas.

Nele, as microondas geradas pelo magnetron são refletidas pelas paredes metálicas, formando ondas estacionárias, nas quais as regiões de nós estão próximas às paredes (portanto, as “formiguinhas” pequenas podem andar pela superfície das paredes internas do forno microondas, sem se aquecerem).

As ondas agem sobre os alimentos, fazendo suas moléculas vibrarem numa frequência altíssima. Esta vibração ou fricção entre as moléculas produz calor.

Como o microondas emitido tem uma frequência definida, ela excita apenas as moléculas que entram em ressonância com esta frequência.

Ao contrário do que acontece num forno comum, no forno de microondas, só o alimento é aquecido.

#### 4. 4. 1 Propostas de atividades experimentais

##### 4. 4. 1. 1 Produção de plasma utilizando as microondas

Podemos fazer uma demonstração da formação de plasma numa ampola de vidro *pirex* contendo vapor d'água a baixa pressão (da ordem de 20 mm de Hg), utilizando um forno de microondas. Trata-se de uma ampola construída com um tubo de vidro *pirex*, cujas dimensões aproximadas são de 25mm de diâmetro interno e 25 cm de comprimento (Foto 4. 8).



Foto 4. 8 Ampola de vidro *pirex* contendo vapor d'água a baixa pressão

Ao se introduzir a ampola de vidro no interior do forno de microondas (tirando-se o prato giratório de vidro) e ligar o forno, observa-se a ampola “acender-se” (estado de plasma), aparecendo regiões claras e escuras (Foto 4. 9). Como existe a formação de ondas estacionárias dentro do forno de microondas, as regiões claras (ou acesas) da ampola indicam a presença de um ventre da onda estacionária (campo elétrico intenso) e as regiões escuras ou apagadas (campo elétrico fraco) indicam um nó.

Medindo-se a distância entre 2 nós, ou 2 ventres consecutivos, pode-se fazer uma estimativa grosseira do comprimento de onda que multiplicado pela frequência do microondas (dado do fabricante), pode-se obter, aproximadamente, o valor da velocidade das ondas eletromagnéticas no ar (aproximadamente 300.000 km/s).



Foto 4. 9 Formação de estado de plasma no interior da ampola de vidro que está dentro de um forno de microondas ligado

#### 4. 4. 1. 2 Eficiência de conversão energética de um forno de microondas

Pode-se estimar a eficiência de conversão da energia elétrica em térmica de um forno de microondas aquecendo-se uma certa quantidade ou massa de água.

- Colocar, aproximadamente, 200 g de água num pequeno copo de vidro, medindo-se a sua temperatura inicial.
- Introduzir o copo com água no forno de microondas e ligar por aproximadamente 30 segundos, na potência máxima.
- Medir a temperatura final da água, e calcular a energia total absorvida, usando a fórmula  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ , que transforma calorías em kWh.
- Anotar a potência elétrica do forno de microondas (dados do fabricante) e calcular a energia consumida usando a fórmula  $E = P \cdot \Delta t$ .
- Calcular o rendimento  $\eta = Q/E$  do forno de microondas tomando-se o cuidado de utilizar a mesma unidade de energia tanto em Q como em E.

#### 4.5 Fogão a gás

No caso do fogão a gás, o aquecimento dos alimentos é devido ao fenômeno da combustão.

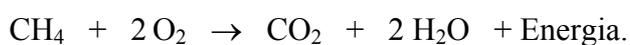
A combustão de uma substância é uma reação química exotérmica (com liberação de energia) em presença de oxigênio. Uma substância é formada por moléculas que são mantidas por forças de atração entre elas. Devido a estas forças de atração, existe uma determinada quantidade de energia armazenada na substância denominada de energia química das moléculas.

Quanto mais complexa for a molécula, maior será a energia armazenada. Os compostos orgânicos, em geral, são as moléculas mais complexas, que são formados por vários átomos de carbono ligados a outros elementos químicos. Essas moléculas têm grandes reservas de energia (energia potencial química) e os seres vivos são formados desses compostos.

Na combustão, a queima de um composto orgânico em presença de oxigênio origina outros compostos orgânicos com menor quantidade de energia química que os compostos de origem. Portanto, parte da energia inicial é liberada sob forma de calor e de luz que pode ser aproveitada no aquecimento, cozimento, iluminação, entre outros.

Os materiais possíveis de serem queimados são chamados de combustíveis.

Pode-se dar um exemplo de uma reação de combustão, como a do gás metano (gás natural) :



Essa reação de combustão libera aproximadamente 55 kJ para cada grama de metano queimado. Isto ocorre pois a energia química das moléculas de  $\text{CH}_4$  e  $2 \text{O}_2$  antes da reação é maior que a das moléculas  $\text{CO}_2$  e  $2 \text{H}_2\text{O}$ , depois da reação.

No exemplo acima, o metano sofre uma combustão completa em que há somente a formação de gás carbônico e água. No entanto, podemos ter uma combustão incompleta, no caso de falta de oxigênio no momento da queima ou quando não se atinge a temperatura ideal. Nesse caso, pode-se formar um gás invisível extremamente tóxico que é o monóxido de carbono, ou também a produção de pequenas partículas negras de fuligem que, em contato com vapores de água e de combustíveis, formam a fumaça.

#### **4. 5. 1 Propostas de atividades experimentais**

##### **4. 5. 1. 1 Produção de vapor d'água na combustão**

Pode-se visualizar a formação de vapor d'água como produto da combustão do gás no fogão, de uma maneira simples:

- Acender a chama do fogão.
- Utilizar um copo, com a boca virada para baixo, e posicionar sobre a chama, a uns 10 cm de altura. Tomar o cuidado para não se queimar.
- Verificar que haverá condensação do vapor d'água nas paredes internas do copo, com a formação de pequenas gotículas de água.

A água condensada no copo é oriunda da reação de combustão: quanto mais completa a combustão, mais energia é liberada e mais quantidades de vapor d'água e de gás carbônico serão formadas. Por exemplo, da reação de combustão do metano, para cada molécula de gás "queimado" são produzidas 2 moléculas de vapor d'água.

#### **4.5.1.2 Comportamento da temperatura durante as mudanças de fase**

Todas as substâncias mudam de fase de acordo com variáveis tais como a temperatura e a pressão. Existem seis tipos de mudanças de fase:

1. Fusão: passagem do estado sólido para o líquido.
2. Solidificação: passagem do estado líquido para o sólido.
3. Evaporação: passagem do estado líquido para o gasoso.
4. Liquefação: passagem do estado gasoso para o líquido.
5. Sublimação: passagem do estado sólido para o gasoso.
6. Sublimação (cristalização): passagem do estado gasoso para o estado sólido.

Em todas estas passagens, o fato mais importante é que a temperatura permanece constante durante o processo, pois nas mudanças de fase, a energia fornecida é utilizada para alterar o grau de agregação das moléculas. Por exemplo, no caso da água no estado líquido, quando atinge a temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  (em condições normais de pressão, ou seja, 1 atmosfera) começa a entrar em ebulição, passando para o estado gasoso. A partir deste momento, não adianta aumentar-se a energia fornecida, que a temperatura não será alterada, pois a energia será absorvida para mudar a agregação entre as moléculas, uma vez que no estado gasoso as moléculas necessitam de mais energia para se movimentarem mais livremente.

Para as mudanças de fase, temos o que chamamos de “calor latente”, que nos indica a quantidade de energia que devemos fornecer ou retirar, de 1 grama de uma substância, para que ela mude de fase. (Ver ANEXO 8)

Para observarmos isto, podemos utilizar uma panela com água sobre a chama de um fogão:

- Colocar 0,5 litro de água numa panela pequena.
- Colocar a panela sobre a chama do fogão.

- Medir a temperatura da água a cada 30 segundos, até a sua ebulição.
- Fazer um gráfico de temperatura em função do tempo.

A partir destas medições, pode-se demonstrar um importante fator no uso racional do combustível do fogão. É muito comum, quando se está cozinhando, deixar o fogo no máximo, mesmo enquanto a água está em ebulição, pois a maioria das pessoas acredita que assim haverá cozimento mais rápido dos alimentos. Depois que a água entrar em ebulição, pode-se abaixar o fogo, pois não haverá mais aumento de temperatura. Nesse caso, o fogo alto irá somente acelerar a taxa de evaporação da água e não o tempo de cozimento dos alimentos desperdiçando, portanto, energia.

#### **4. 5. 1. 3 Medindo a potência de uma chama**

Utilizando a mesma panela com água, termômetro, cronômetro e balança, podemos fazer um cálculo aproximado da potência da chama do fogão:

- Colocar 0,5 litro de água na panela.
- Medir a temperatura da água.
- Colocar sobre a chama do fogão e medir o tempo de aquecimento, até a água atingir 60°C.
- Usando a fórmula  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ , calcular a energia absorvida pela água.
- Calcular a potência da chama do fogão, em Watts, usando a fórmula  $P = Q/\Delta t$ .  
(Prestar atenção nas unidades).

#### **4. 5. 1. 4 Vaporização (evaporação e ebulição)**

É chamada de evaporação a vaporização gradual e lenta pela superfície livre do líquido. A ebulição é a vaporização do líquido de forma rápida, pela formação de bolhas gasosas que nascem de dentro da massa líquida e vêm expandir-se na superfície.

A temperatura de ebulição de um líquido depende da pressão exercida sobre ele. Se a pressão externa aumentar, o líquido entrará em ebulição numa temperatura mais alta.

Isto ocorre porque na ebulição, há um aumento de volume (1 gota de água no estado gasoso ocupa um volume de cerca de 1700 vezes maior do que no estado líquido). Se o recipiente estiver fechado, haverá um acréscimo da pressão comprimindo as moléculas umas nas outras, dificultando a sua separação, o que só será possível numa temperatura mais alta, quando as moléculas tiverem um maior grau de agitação.

A água, em particular, ferve a 100° C ao nível do mar (1 atmosfera). Em maiores altitudes, a ebulição ocorre em temperaturas mais baixas porque a pressão atmosférica é menor (Tabela 4. 1)

Tabela 4. 1 Temperatura de ebulição em algumas localidades

LOCALIDADE	TEMP. DE EBULIÇÃO DA ÁGUA
Nível do mar	100° C
São Paulo	98° C
Brasília	96° C
Quito	90° C
La Paz	87° C
Monte Everest	75° C

Em elevadas altitudes, seria difícil cozinhar-se um ovo. Nestes casos, pode-se utilizar de alguns artifícios para aumentar-se a temperatura de ebulição da água, tais como:

- Utilizar uma panela de pressão. Aumentando-se a pressão interna, aumenta-se a temperatura de ebulição da água. Podemos calcular a pressão interna da panela medindo-se a massa da válvula e do diâmetro do furo de saída do vapor. Como a pressão é igual ao peso da válvula dividido pela área do furo, pode-se estimar a pressão interna e, com isto, saber o valor da temperatura utilizando-se da fórmula empírica de Duperray, válida, no caso da água, para temperaturas acima de 100 graus Celcius:

$$p = (T/100)^4, \text{ onde } p \text{ é a pressão (kgf/cm}^2\text{) e } T \text{ é a temperatura (}^\circ\text{C).}$$

- Utilizar algumas substâncias sólidas ou líquidas dissolvidas na água. Por exemplo, a água saturada de sal marinho, ferve a  $108,5^{\circ}\text{C}$ ; saturada com carbonato de potássio, a  $135^{\circ}\text{C}$ ; saturada com cloreto de cálcio, a  $179^{\circ}\text{C}$ , tudo ao nível do mar.
- Utilizar-se de vasilhas de vidro. Observa-se que a água ferve menos facilmente em uma vasilha de vidro do que em uma vasilha de metal. Quando a água ferve durante muito tempo em uma vasilha de vidro, verifica-se que a ebulição se torna cada vez mais difícil. As bolhas de vapor não se partem mais, senão de alguns pontos do fundo aquecido e a temperatura do líquido pode elevar-se sensivelmente acima de  $100^{\circ}\text{C}$ , podendo chegar a  $106^{\circ}\text{C}$ , ao nível do mar.

Abaixo da pressão atmosférica, vimos que a temperatura de ebulição também diminui.

A tabela 4. 2 mostra algumas temperaturas de ebulição em função da pressão, em mm de Hg. (milímetros de mercúrio).

Tabela 4. 2 Temperatura de ebulição de água em função da pressão

Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Pressão (mm Hg)
5	6,53
10	9,21
20	17,51
25	23,55
30	31,11
40	55,13
45	71,39
50	91,98
55	117,48
60	148,79
65	186,95
70	233,09
75	288,52
80	354,64
85	433,78
90	526,45
95	633,78
100	760,00

**4. 5. 1. 5 Medindo a pressão e a temperatura no interior de uma panela de pressão.**

Numa panela de pressão, a temperatura de ebulição da água é maior do que fora dela, devido ao aumento da pressão interna.

Pode-se estimar a temperatura e a pressão interna, através de algumas medições simples da panela de pressão:

- Retirar o peso que fica sobre o orifício de saída do vapor. Com o auxílio de uma balança, medir a massa do peso. Calcular a força-peso aplicada por essa massa, no orifício.
- Com uma régua ou paquímetro, medir o diâmetro do orifício de saída do vapor. Calcular a área deste orifício.
- Calcular a pressão que o peso exerce sobre o orifício. (pressão = força peso / área).
- Calcular a pressão total aplicada sobre o orifício, que é a soma da pressão exercida pelo peso e a pressão atmosférica do ambiente.
- Quando a pressão interna da panela ficar ligeiramente superior à pressão exercida pelo peso, o vapor começará a sair. Sabendo-se a pressão exercida pelo peso, pode-se estimar a pressão interna da panela.
- Usando a fórmula empírica de Duperray<sup>2</sup>, válida, no caso da água, para temperaturas acima de 100° C, calcular a temperatura interna da panela de pressão.

$$P = (T/100)^4, \text{ onde } P \text{ é a pressão e } T \text{ é a temperatura.}$$

---

<sup>2</sup> MARISTAS, Irmãos. *Física - Segunda série do curso colegial*. Editora Coleção F.T.D. Ltda

## 4.6 Noções de higrometria

Dentre as principais variáveis para o conforto ambiental, estão a *temperatura* e a *umidade relativa do ar*.

A umidade do ar resulta da evaporação da água contida nos mares, rios, lagos e na terra, bem como pela evapo-transpiração dos vegetais e dos animais. Ela atua diretamente na capacidade de a pele evaporar o suor, podendo aumentar a sensação de desconforto térmico. Por exemplo, em ambientes quentes e com alta umidade relativa do ar, temos um desconforto térmico maior do que em um ambiente com a mesma temperatura e com baixa umidade relativa, pois perdemos a capacidade de perder calor por evaporação. (Ver ANEXO 8).

### *Higrometria*

A Higrometria tem como objetivo determinar a proporção de vapor de água ou umidade contida, em um dado momento, em um determinado local da atmosfera.

Existe sempre vapor d'água em certa proporção no ar atmosférico.

Como o ar, o vapor d'água é incolor e invisível. Podemos demonstrar a presença de umidade de várias maneiras, por exemplo, condensando-o na superfície de corpos mais frios que o ambiente, como numa garrafa de cerveja gelada, no espelho do banheiro após o banho quente, ou nos vidros do automóvel em dias frios ou chuvosos.

Podemos verificar a umidade do ar também pela absorção de vapor d'água por substâncias higroscópicas, como o sal de cozinha e a cal viva.

O vapor d'água na atmosfera é causa de fenômenos meteorológicos importantes e bem conhecidos, como orvalho, nevoeiro, nuvens, chuva, neve, etc.

Podemos dar uma idéia do tamanho das gotas que constituem o vapor d'água: cerca de 10.000 gotículas em fila podem caber em cima de um alfinete comum, de aproximadamente 1mm.

O vapor d'água tem um papel importante na atmosfera, pois da sua presença depende a rapidez da evaporação das águas. Ela serve também como um manto protetor que regula o calor proveniente do Sol, protegendo-nos durante o dia contra a insolação demasiada, absorvendo parte da radiação solar e, durante a noite, contra o resfriamento exagerado, absorvendo parte da irradiação terrestre.

*Umidade Absoluta:* É denominada de umidade absoluta, a massa de vapor d'água contida em 1 metro cúbico de ar.

*Umidade Relativa:* É a razão da quantidade  $m$  de vapor d'água contido numa região do ar e para a quantidade  $M$  que essa mesma região conteria se estivesse saturada à mesma temperatura. (Umidade Relativa =  $m/M$ ).

Por exemplo, num ar saturado de umidade, a Umidade Relativa  $m/M=1$  ou 100%. Num ambiente totalmente seco,  $m/M= 0$  ou 0% de umidade relativa. Normalmente, a umidade relativa é uma fração compreendida entre 0 e 1 ou entre 0% e 100%.

#### **4. 6. 1 Psicrômetro ou higrômetro de evaporação**

Existem vários aparelhos para medir a umidade relativa do ar, usando vários princípios físicos, como a absorção da umidade por substâncias higroscópicas, pela condensação da umidade, pelas variações no comprimento, ou pela evaporação.

Vamos demonstrar um destes aparelhos de fácil construção, que é o Psicrômetro ou Higrômetro de evaporação.

Ele foi inventado por Gay-Lussac, mas August deu-lhe a forma atual.

Compõe-se de dois termômetros idênticos colocados paralelamente. Um deles (A), tem o reservatório constantemente umedecido por uma gaze ou um barbante em comunicação com uma vasilha cheia d'água. O outro termômetro (B) tem o bulbo seco.

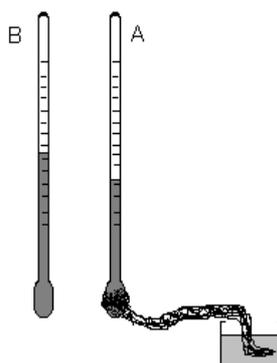


Figura 4. 3 Esquema de um psicrômetro ou higrômetro de evaporação

A evaporação da água do termômetro úmido resfria-o, passando a indicar uma temperatura inferior ao do termômetro seco.

Conhecendo-se a diferença de temperaturas indicadas pelos dois termômetros e a temperatura do termômetro seco, podemos encontrar a umidade relativa do ar, usando uma tabela psicrométrica (Tabela 4. 3).

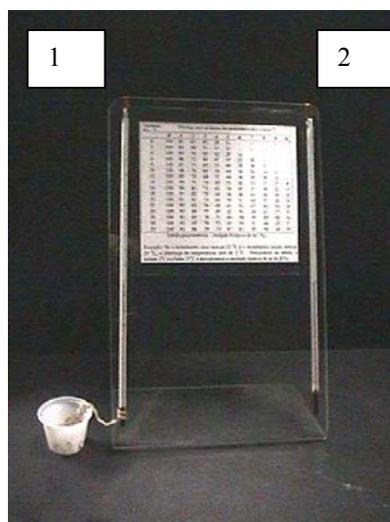


Foto 4.10 Psicrômetro ou higrômetro de evaporação

1. Termômetro com o bulbo umedecido
2. Termômetro de bulbo seco

Tabela 4.3 Tabela psicrométrica - umidade relativa do ar (%)

TERMÔ- METRO SECO (°C)	DIFERENÇA ENTRE AS LEITURAS DOS TERMÔMETROS SECO E ÚMIDO (°C)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	81	63	45	28	11	-	-	-	-	-
2	100	84	68	51	35	20	-	-	-	-	-
4	100	85	70	56	42	28	14	-	-	-	-
6	100	86	73	60	47	35	23	10	-	-	-
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	-	-
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4	-
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	50	45	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

Fonte: KOCHKIN, N. I. e CHIRKÉVITCH, M. G.. Prontuário de Física Elementar. Editora MIR, 1986. Traduzido do russo por Marina Krotritsna. 296p.

Exemplo de leitura da umidade relativa do ar: se o termômetro seco marcar  $22^{\circ}\text{C}$  e o termômetro úmido marcar  $20^{\circ}\text{C}$ , a diferença de temperaturas será de  $2^{\circ}\text{C}$ . Procura-se na tabela, a coluna  $2^{\circ}\text{C}$  e a linha  $22^{\circ}\text{C}$ . Encontra-se a umidade relativa do ar de 83%.

Com este higrômetro pode-se medir a umidade relativa do ar em vários ambientes, em horários variados durante o dia, em várias condições atmosféricas e em diferentes épocas do ano.

#### **4. 7 Choque elétrico: Efeitos fisiológicos da corrente elétrica no corpo humano.**

Todas as atividades musculares do corpo humano, tais como os movimentos dos braços, as batidas do coração e até mesmo a respiração, são comandadas por impulsos elétricos, que são pequenas correntes de eletricidade passando através do nosso corpo.

Somos, portanto, seres muito sensíveis à passagem de corrente elétrica.

##### **4. 7. 1 Choque elétrico: corrente elétrica passando pelo corpo**

A periculosidade de um choque elétrico depende de muitos fatores, mas o mais importante é a quantidade da *corrente elétrica* que passa pelo corpo.

Além disso, o efeito do choque também depende do caminho que toma a corrente elétrica, da duração do choque e do tipo da corrente: C.A. ou C.C. ( C.A. corrente alternada ou C.C. corrente contínua).

Se a corrente for alternada, existe também a dependência com a *freqüência*, como veremos mais adiante.

A corrente elétrica de origem externa pode provocar efeitos como paralisia respiratória, fibrilação ventricular ou parada cardíaca.

A tabela a seguir mostra efeitos da corrente alternada com a freqüência de 60 Hz, no corpo humano:

Tabela 4. 4 Efeitos da corrente elétrica no corpo humano

<i>Corrente em mA (<math>1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}</math>) (frequência de 60Hz)</i>	<i>Duração</i>	<i>Efeitos prováveis</i>
0 a 0,3 mA	Qualquer	Nenhum
0,3 a 0,6 mA	Qualquer	Limiar da percepção
1 a 10 mA	Qualquer	Dor Contração muscular Descontrole muscular
10 a 25 mA	Minutos	Contração muscular Dificuldade respiratória Aumento da pressão arterial
25 a 50 mA	Segundos	Paralisia respiratória Fibrilação ventricular Inconsciência
50 a 200 mA	Mais de um ciclo cardíaco	Fibrilação ventricular Paralisia respiratória Inconsciência Marcas visíveis
Mais de 200 mA	Menos de um ciclo cardíaco	Fibrilação ventricular Inconsciência Marcas visíveis
Mais de 200 mA	Mais de um ciclo cardíaco	Parada cardíaca Inconsciência Queimadura

Fonte: VUOLO, José Henrique. Apostila - Complementos de Física Experimental (1ª parte). Publicação - IFUSP- 1997. Pg. 89

Dependendo da intensidade da corrente elétrica, poderá haver grande contração muscular com efeitos diferentes, como nos dois exemplos a seguir:

1) Segurar um fio "energizado" sem isolamento elétrico, com a mão, havendo um bom contato elétrico dos pés com o solo (terra) (Figura 4. 4): A passagem da corrente elétrica irá provocar contração involuntária dos músculos, fazendo com que a mão aperte mais fortemente o fio, impedindo a soltura do mesmo.



Figura 4. 4 Mão segurando um fio "energizado" sem isolamento elétrico

2) Uma pessoa se abaixa e apenas toca num fio "energizado" sem isolamento, também com um bom contato elétrico entre os pés e o solo (terra): A rápida contração dos músculos das costas e das pernas, de maneira involuntária, faz com que a pessoa seja "jogada" para trás (Figura 4. 5).

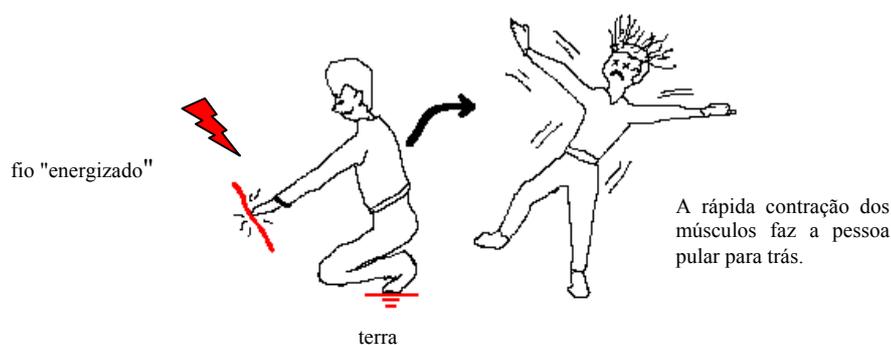


Figura 4. 5 Uma pessoa sem isolamento elétrico e com a pernas dobradas toca em um fio "energizado"

Em ambos os casos, vimos que o fator fundamental foi o contato elétrico favorável do fio "energizado" com o indivíduo e do indivíduo com o solo (terra).

Ambientes molhados ou úmidos são ainda mais perigosos, pois melhoram esses acoplamentos, diminuindo a resistência à passagem de corrente elétrica.

Para diminuir estes riscos, nunca se deve tocar em um condutor sem isolamento adequado, muito menos agarrá-lo pois, como vimos, a contração involuntária dos músculos pode resultar em um aperto ainda maior no condutor.

O uso de instrumentos e ferramentas manuais com cabos de borracha ou plásticos, pés calçados com sola grossa de borracha e piso com bom revestimento isolante constituem proteção adicional contra choques entre a mão e a terra, no caso de tensões baixas (~120 V). Em ambientes molhados, tais proteções podem ser inúteis.

No caso de tensões mais elevadas, a corrente elétrica poderá percorrer através de rachaduras ou fissuras no isolante ou até pela superfície do mesmo, dependendo da sua umidade, sujeira, etc..

Pode-se até ter descargas elétricas no próprio ar, dependendo da sua umidade relativa, da pressão atmosférica, etc.. Em condições normais, 1 cm de ar se torna condutor numa tensão de aproximadamente 10 mil Volts (10.000V). Portanto, não poderemos nos aproximar por menos de 10 cm de uma fonte elétrica com 100 kV. pois poderá haver uma descarga elétrica pelo ar. Dependendo da tensão e das condições de isolamento elétrico, os cuidados devem ser redobrados.

#### **4. 7. 2 Principais efeitos fisiológicos da corrente elétrica**

Os principais efeitos são os *riscos térmicos* (queimaduras) através da grande quantidade de corrente elétrica gerando calor (Efeito Joule) e os riscos da *fibrilação ventricular*.

A grande causa de morte em acidentes com eletricidade se deve principalmente ao efeito da fibrilação ventricular, que se caracteriza por movimentos irregulares e não coordenados dos ventrículos do coração. Isto causa uma grande diminuição na ação de

bombeamento sanguíneo que, se não for rapidamente restabelecido, leva o indivíduo à morte.

Curiosamente, um remédio para a fibrilação ventricular é a passagem de uma corrente elétrica pelo coração, por meio de um sistema chamado de desfibrilador. O desfibrilador fornece correntes de aproximadamente 6 ampères, para tentar restabelecer o batimento cardíaco normal.

No caso da fibrilação ventricular, existe um período vulnerável no ciclo do batimento cardíaco, que é o início da chamada fase T do eletrocardiograma. Nesta fase, uma corrente de duração de 100 milisegundos pode provocar fibrilação ventricular.

Portanto, é um engano se dizer que um choque "rápido" não é perigoso!.



Muitas vezes ouve-se falar que o perigo do choque elétrico está na alta voltagem.

Na realidade, o que realmente causa danos é a passagem de corrente elétrica pelo corpo e não diretamente da voltagem.

De acordo com a Lei de Ohm, temos a seguinte relação:

$$I = V/R$$

I = corrente elétrica (medida em ampères - A).

V = voltagem (medida em volts - V).

R = resistência (medida em ohms -  $\Omega$ ).

A corrente elétrica depende da combinação da voltagem e da resistência!!

Dependendo do caminho que a corrente percorre, voltagens menores que 0,02 V (volts) podem ser letais, enquanto que, em outras circunstâncias, uma de 5.000 V (ou 5kV) pode causar pequenos "formigamentos" na pele.

Correntes da ordem de 50  $\mu\text{A}$  ( $1\mu\text{A} = 10^{-6}$  A) passando diretamente pelo coração podem provocar fibrilação ventricular, ou uma de 500 mA entre os dedos de uma das mãos pode provocar somente queimaduras.

Por exemplo, 1 pilha comum de 1,5 V não é capaz de dar um "choque" quando se segura com os dedos nos seus polos, pois a resistência da pele é relativamente grande para esta voltagem ( da ordem de milhares de ohms). No entanto, se ligarmos os terminais desta mesma pilha diretamente na corrente sanguínea, o choque poderá ser fatal.

Da mesma forma, uma Bobina de Tesla, capaz de gerar altíssimas tensões da ordem de milhares de volts, não causa muitos danos se tocado pela pele, devido à sua baixa corrente e alta frequência.

#### **4. 7. 3 Corrente de fuga em aparelhos eletrônicos**

Existem normas internacionais para limites de fuga em aparelhos eletrônicos. Em aparelhos em contato apenas com a pele do corpo, a corrente máxima aceitável é de 300  $\mu\text{A}$ . Entretanto, em aparelhos em contato com o interior de vasos sanguíneos, a corrente máxima aceitável é de apenas 15  $\mu\text{A}$ .

*Portanto, aparelhos médicos eletrônicos que são introduzidos diretamente em vasos sanguíneos como os cateteres por exemplo, são especialmente muito mais perigosos, pois se houver corrente de fuga, ela irá passar diretamente pelo coração.*

Outros aparelhos médicos que são introduzidos no interior do corpo humano, também necessitam de especial atenção, devido à baixa resistência elétrica dos órgãos internos e dos vasos sanguíneos, pela presença de sais dissolvidos.

No caso de aparelhos médicos, duas precauções devem ser tomadas (Figura 4. 6):

- 1) Todos os instrumentos metálicos devem ser aterrados de modo que a sua voltagem seja próxima de zero.
- 2) Os pacientes nunca devem estar aterrados. Ao contrário, eles devem estar ao máximo, isolados da terra (que a resistência elétrica entre o paciente e a terra seja próxima do infinito).

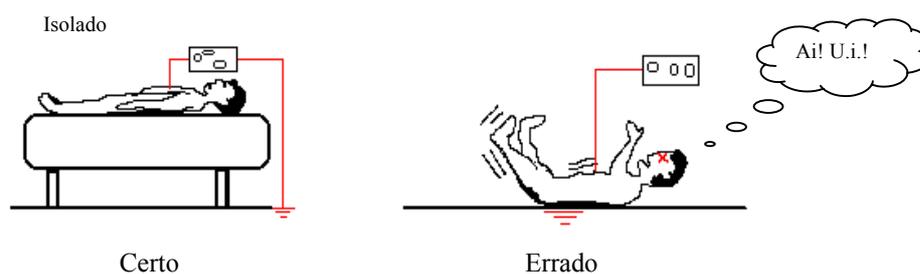


Figura 4. 6 Aparelho elétrico hospitalar em pacientes

Em aparelhos elétricos que podem entrar em contato apenas com a pele, os riscos são menores, mas não podem ser desprezados.

As correntes de fuga podem ocorrer pelo isolamento inadequado dos fios de entrada do aparelho com carcaça metálica, ou através da corrente elétrica induzida, gerada pelas oscilações dos campos elétrico e magnético da eletricidade C.A..

Pode-se eliminar estes riscos aterrando-se adequadamente as carcaças metálicas. Muitos aparelhos já utilizam plásticos isolantes ao invés de metais, para diminuir estes riscos.

Pelo fio terra, o potencial do aparelho é igualado ao da pessoa (não existe diferença de potencial entre a pessoa e o aparelho), como mostra a Figura 4. 7:

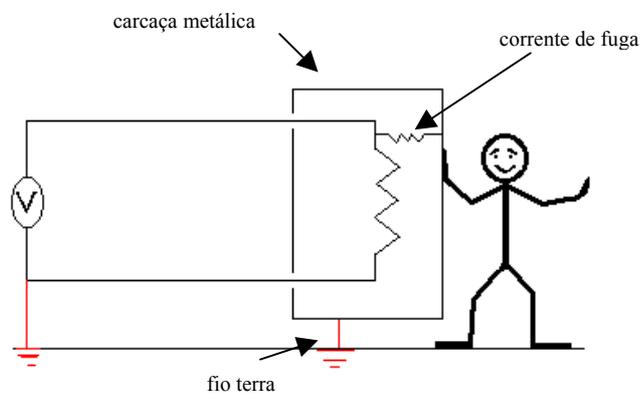


Figura 4. 7 Aparelho elétrico com a carcaça metálica aterrada.

Sem o fio terra, a corrente de fuga passa pelo corpo da pessoa e vai para a terra, como mostra a Figura 4. 8.

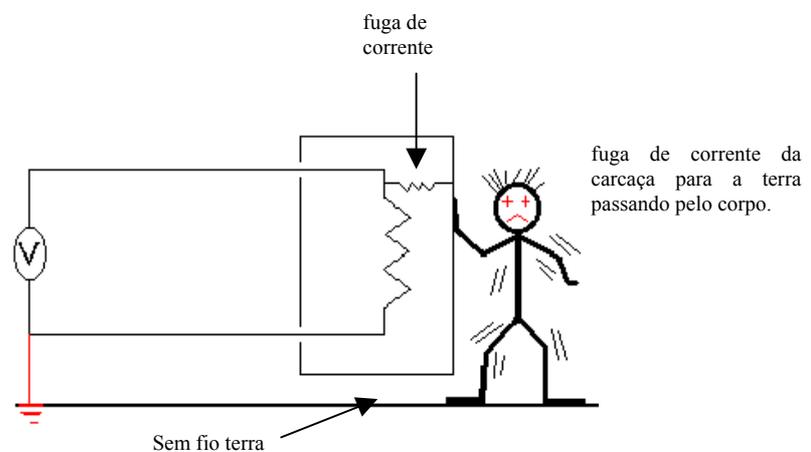


Figura 4. 8 Aparelho elétrico sem fio terra

Sem o fio terra, existe uma diferença de potencial entre a pessoa e o aparelho, devido à corrente de fuga.

Uma outra maneira de evitar-se o choque elétrico em aparelhos é a utilização de um transformador de isolamento.

Este sistema transforma uma tensão alternada de entrada em uma tensão de saída, através do princípio de indução eletromagnética. Assim, não haverá fluxo de corrente diretamente da entrada do enrolamento primário para o secundário, isolando a corrente de entrada da corrente de saída (Figura 4. 9).

Haverá diferença de potencial somente nos fios terminais do secundário, entre si, e não com a terra.

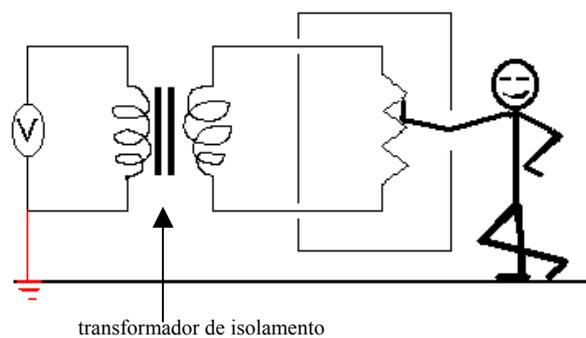


Figura 4. 9 Aparelho elétrico ligado a um transformador de isolamento

Haverá risco de choque se segurarmos diretamente nos dois terminais do transformador, fechando o circuito elétrico, como mostra a Figura 4. 10.

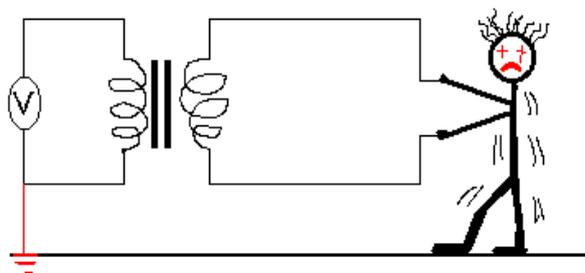


Figura 4. 10 Segurando os terminais de um transformador de isolamento

Se o circuito estiver aberto, mesmo se segurarmos um dos fios do secundário, não haverá risco de choque, pois não haverá circulação de corrente elétrica pelo enrolamento secundário, como mostra a Figura 4. 11.

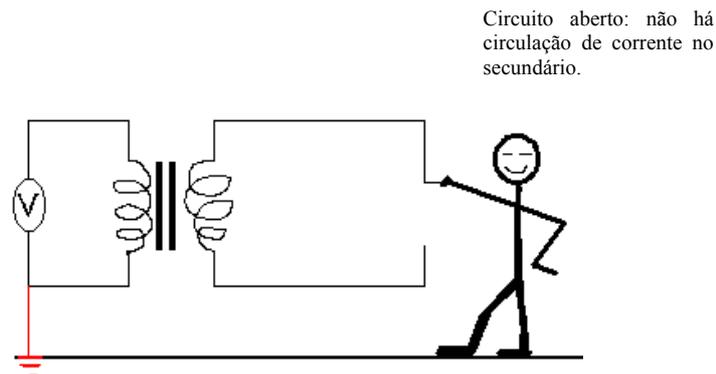


Figura 4. 11 Segurando um dos terminais de um transformador de isolamento

#### 4. 7. 4 Efeito da frequência no choque de corrente alternada

Em termos de frequência, a tensão da rede elétrica comercial (60Hz) para o choque elétrico foi uma escolha muito “infeliz”.

Segundo mostra a Figura 4. 12 a região de frequências em que há maior sensibilidade à corrente elétrica pelo corpo humano, está justamente nas frequências próximas de 100Hz.

A figura também mostra que os nervos e músculos do corpo são menos sensíveis à correntes elétricas de altas frequências.

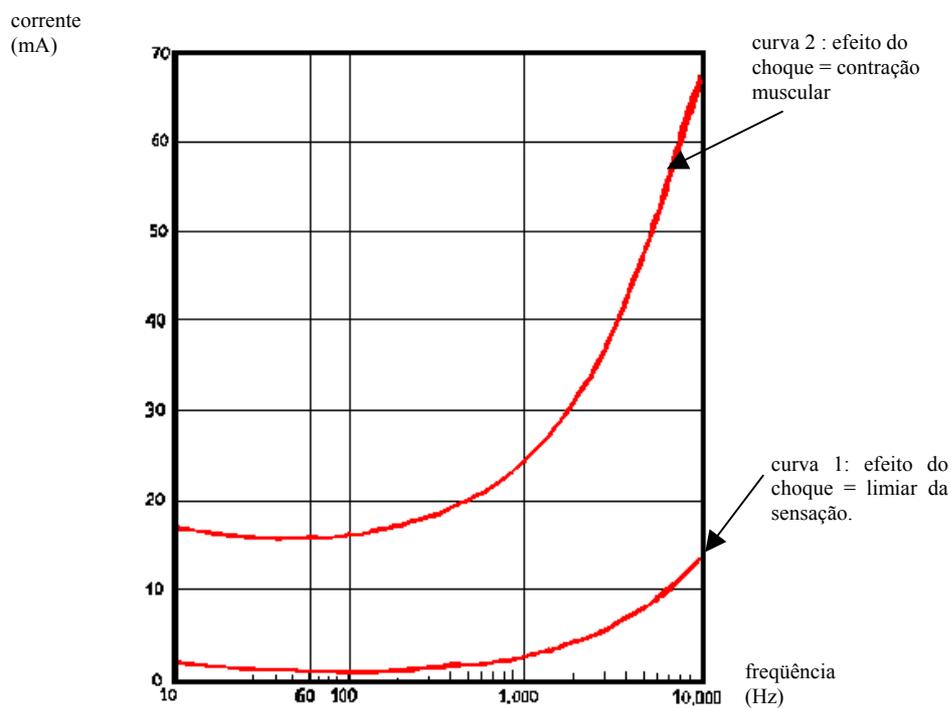


Figura 4. 12: Corrente elétrica em função da frequência

Estas correntes provocam apenas efeitos térmicos ocasionando queimaduras superficiais. Mudanças rápidas no sentido do campo elétrico produzem agitação dos íons de forma localizada.

As verrugas da pele, por exemplo, são queimadas através de eletrocauterização, utilizando-se correntes alternadas, localizadas, de altas frequências passando por elas.

#### 4. 7. 5 Demonstrações com choque elétrico

Podemos fazer uma pequena demonstração do efeito fisiológico do choque elétrico, usando a corrente alternada da rede de forma controlada (Figura 4. 13).

Para tanto necessitamos de um transformador de isolamento e um "variac" (variador de voltagem).

Podemos também medir a corrente e a voltagem por meio de multímetros.

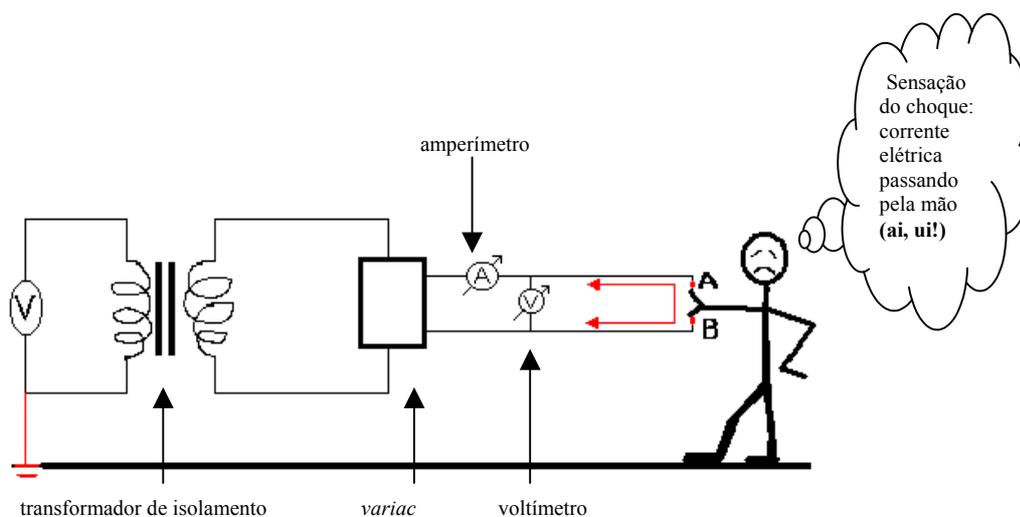


Figura 4. 13 Demonstração com choque elétrico controlado

Segurando os terminais A e B com apenas uma das mãos, aumentamos gradualmente a voltagem do *variac*, até começarmos a sentir o choque elétrico.

Pelas medições da corrente e da voltagem, podemos calcular aproximadamente a resistência elétrica do percurso.

Molhando-se a mão, podemos verificar a diferença.

Cuidado: Nunca segure um terminal em cada mão. Utilize sempre apenas uma das mãos!!

Isto evita que a corrente elétrica passe pelo nosso corpo (podendo passar pelo coração).

Técnicos e eletricitas experientes sempre recomendam trabalhar com uma das mãos no bolso, quando for mexer em circuitos elétricos "energizados" em situações perigosas.

#### 4. 7. 6 Alguns exercícios

Dar exemplos de situações em que poderemos tomar um choque elétrico em:

1) Chuveiro elétrico.

- 2) Num automóvel.
- 3) Com uma pilha.
- 4) Numa geladeira ou na máquina de lavar.
- 5) Isqueiro ou acendedor piezelétrico.
- 6) Numa tomada ou interruptor de 110 V.
- 7) Numa tomada ou interruptor de 220 V.

## **5 PROGRAMAS NACIONAIS DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA - CONPET E PROCEL : PROJETOS SETORIAIS NA ÁREA DE EDUCAÇÃO.**

Um aspecto importante associado ao tema Energia consistem, ao lado dos problemas sociais e ambientais, focalizar-se também os seus usos finais.

Programas nacionais de combate ao desperdício de energia têm sido levados a efeito e devido a suas implicações em nosso atual cenário educacional, merecem uma análise especial, uma vez que eles se desenvolvem, procurando agir mais na área de sensibilização de estudantes, professores e a comunidade em geral: o problema abarca toda a cadeia do conhecimento que o tema Energia comporta.

Como os aspectos ligados à sensibilização para o tema podem ser articulados com os atuais currículos, consideramos útil efetuarmos uma análise de seus aspectos que podem ser utilizados no desenvolvimento de novas propostas para o ensino médio.

Os programas educacionais no combate ao desperdício de energia em atividade, nasceram da necessidade de ações destinadas à conscientização da sociedade quanto às *questões ambientais* e especificamente as relativas ao *uso eficiente de energia e no combate ao seu desperdício*.

Por meio de decreto presidencial de 18 de julho de 1991, estabeleceu-se o acordo entre o MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA e o MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DESPORTOS, objetivando a cooperação técnica e institucional nas áreas de

conservação de energia e eficiência energética para a implantação da nova metodologia do “PROCEL NAS ESCOLAS” e o “CONPET NA ESCOLA”, em todos os estados do país.

Esses projetos estão ligados diretamente ao MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, com o apoio da CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. –ELETROBRÁS, e da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. – PETROBRÁS, cujo organograma é mostrado a seguir:

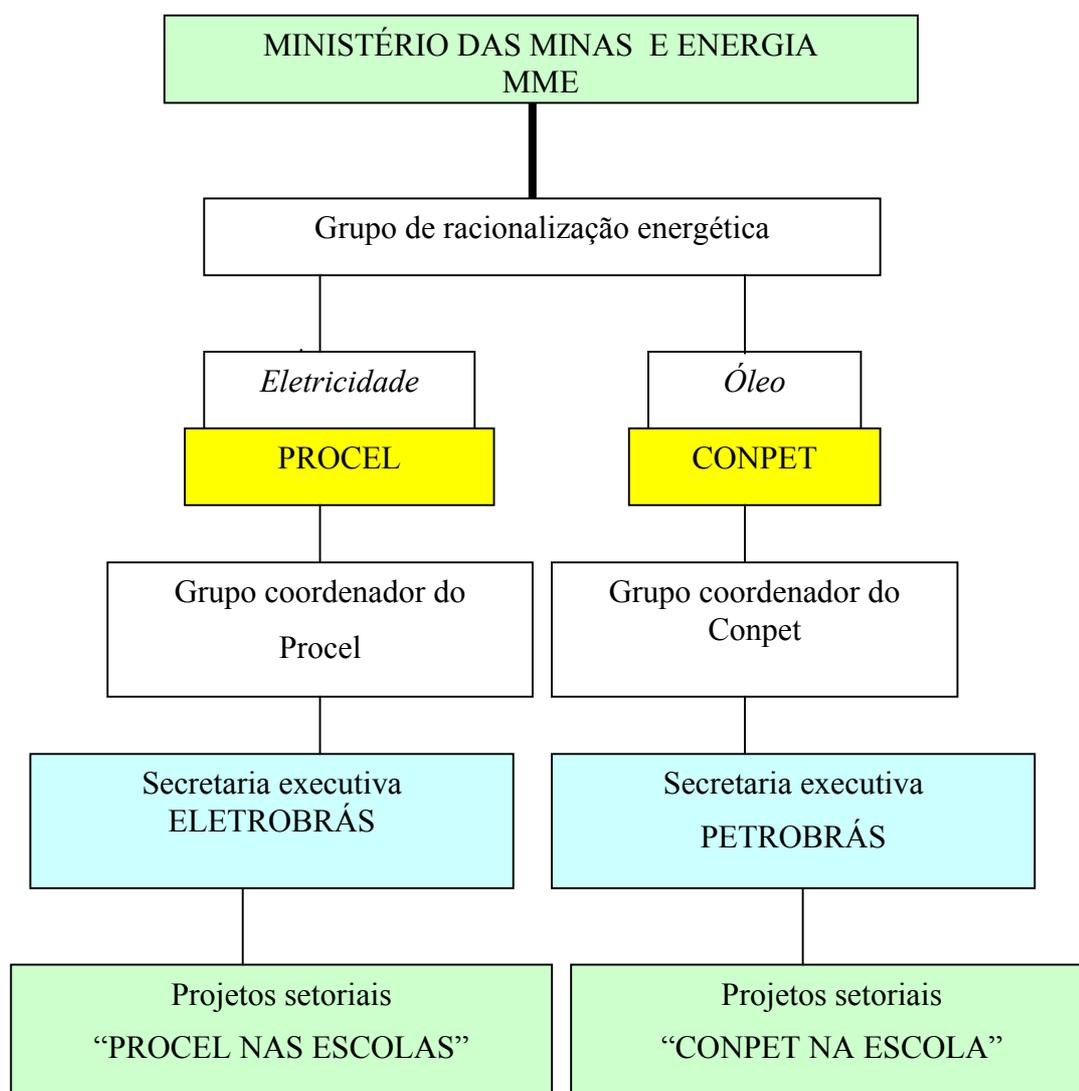


Figura 5. 1 Organograma - PROCEL nas escolas e CONPET na escola

## 5.1 “O Conpet na escola”

O “CONPET NA ESCOLA” é um projeto de educação que faz parte das linhas de ação do Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), criado, como foi mencionado anteriormente, por decreto presidencial, em 18 de julho de 1991.

O apoio técnico e administrativo ao programa está a cargo da PETROBRÁS.

Este projeto visa informar e transmitir conhecimentos aos professores sobre petróleo, seus derivados e gás natural, assim como conceitos sobre uso racional desses energéticos.

O professor tem o papel de agente multiplicador desses conceitos na sociedade, estimulando os alunos a se conscientizarem e procurarem fazer o uso racional e eficiente da energia, envolvendo alunos do nível fundamental e médio das redes de ensino público e privado.

### **Metodologia**

A metodologia consiste em trabalhar com o professor e não diretamente com o aluno, através de um programa de aperfeiçoamento no sentido de dar informações e procurar sensibilizá-lo. O curso é ministrado a determinado grupo de professores por escola e a adesão ao projeto deve ser voluntária não importando a área de conhecimento do professor.

A idéia não é criar uma disciplina específica para discussão da questão, mas incorporá-la ao conteúdo programático dos currículos escolares.

### **Estratégia de desenvolvimento**

O projeto é desenvolvido de acordo com as seguintes etapas:

1. Definição das escolas envolvidas;

2. Reunião com os diretores para apresentação do Conpet;
3. Curso de aperfeiçoamento de 16 horas para professores indicados pelas escolas;
4. Fornecimento às escolas de “kit” com material didático de apoio, composto de fitas de vídeo, apostilas do curso, material informativo sobre a Petrobrás, folhetos e um conjunto de material para experiências;
5. Visita a um órgão da Petrobrás para conhecimento do funcionamento de uma indústria de petróleo, com palestras e projeção de filmes;
6. Entrega de certificado aos professores que participaram do projeto.

### **5. 1. 1 O curso para professores**

A seguir, a descrição e análise do curso de aperfeiçoamento para professores, realizado na cidade de São Carlos, no interior de São Paulo, da qual tive a oportunidade de participar, juntamente com professores do ensino público da região.

O curso para os professores foi dividido em dois dias de 8h mais a visita à refinaria da Petrobrás, em Paulínia, SP.

Os temas abordados foram:

- Energia - fontes primárias e a evolução do consumo mundial: através de gráficos e ilustrações, foi mostrado o percentual de consumo de cada fonte primária de energia no mundo e a sua atual evolução. O provável colapso no consumo de energia no futuro, caso o planeta siga como exemplo, o estilo de vida do americano centrado no exagerado consumismo e no alto grau de desperdício.
- Petróleo e gás natural - reservas mundiais e usos finais: a localização geográfica do petróleo e do gás natural no mundo, mostrando principalmente, a alta instabilidade política das regiões onde se concentram as maiores reservas de petróleo.

- Energia, sociedade e meio ambiente, padrão de consumo, efeito estufa, etc.: o consumo de energia e as classes sociais, em que se discutiu a relação existente entre o nível de consumo de energia e a renda familiar. Por exemplo, o substancial aumento no consumo dos derivados de petróleo nas famílias de mais alta renda, explicado pela utilização de transporte individual não acessível às classes populares. A emissão de CO<sub>2</sub> e de gases "estufa" na atmosfera, resultantes principalmente da queima de combustíveis fósseis.
- Conceito de eficiência energética e racionalização: a necessidade de se buscar maior eficiência nas transformações de energia, utilizando-a de forma racional, principalmente a energia de fontes não renováveis.
- Energia e educação - Educar e conscientizar para mudar postura, hábitos e comportamentos: a solução para o combate ao desperdício e ao uso racional da energia não é apenas uma questão técnica, ela é também uma questão social, que passa necessariamente pela educação, informação e conscientização.
- Conpet: meta = obter um ganho de eficiência energética de 25% no uso dos derivados de petróleo e do gás natural, nos próximos 20 anos, sem afetar o nível de atividade: esta meta resulta da estimativa do atual nível de desperdício na utilização dos derivados do petróleo, que está em torno de 30%.
- A origem e formação do petróleo: como se origina o petróleo na natureza e a sua associação com as rochas sedimentares .
- A pesquisa , prospecção e recuperação de petróleo: métodos de pesquisa para se encontrar petróleo, tais como os métodos geofísicos como a prospecção sísmica terrestre ou marítima, a fotogeologia, o método gravimétrico, o método aeromagnético, etc. Métodos de recuperação usando operações de recompressão, recuperando petróleo dos poços antes considerados perdidos.

- Composição química dos derivados do petróleo: a refinação do petróleo e os tipos de hidrocarbonetos; o craqueamento que é o processo de "quebrar" as moléculas maiores transformando-as em moléculas menores. A produção dos vários derivados do petróleo: GLP, querosene, gasolina, diesel, óleos lubrificantes, etc..
- O transporte e os usos finais dos derivados de petróleo e do gás natural: os oleodutos, os navios petroleiros e os gasodutos.
- Funcionamento de uma refinaria de petróleo: A indústria petroquímica e a produção de outros derivados do petróleo, tais como os plásticos, fibras têxteis, borracha sintética, fertilizantes, detergentes, etc.. No mundo atual, quase tudo à nossa volta possui algum componente derivado de petróleo.
- As fontes primárias de energia e seus usos.
- Energia e Sociedade – Consumo de Energia e Classes Sociais.
- Petróleo: O que é e como se formou.
- Definição de Energia e Potência e suas unidades.
- Princípios da Termodinâmica – 1ª e 2ª Leis da Termodinâmica.
- A degradação ambiental.

Houve também, algumas atividades experimentais e jogos em grupos abordando as leis da Termodinâmica e noções de calorimetria.

*1º jogo:* Princípio da conservação de energia - Primeira Lei da Termodinâmica:

A idéia deste jogo é trabalhar com os alunos, os conceitos de *transformação e conservação* de energia, em grupos de no mínimo 3 alunos.

Cada um dos alunos fica com 10 cartões. Em cada jogada, 2 dos jogadores apostam 1 cartão, ganhando os cartões apostados, quem obtiver o maior valor no dado. O jogo é realizado em 5 rodadas.

A cada rodada, houve uma transformação, já que cada jogador alterou seu número de cartões. O total de cartões somados de todos os jogadores continuou constante, indicando a conservação, ou seja, se houve jogador que ganhou cartões, necessariamente alguém perdeu. Estes conceitos são importantes para mostrar que a energia, assim como a massa, nunca é criada ou destruída, mas sim transformada.

2º jogo: Princípio da degradação da energia - entropia, ou a Segunda Lei da Termodinâmica :

O objetivo deste jogo é mostrar que em toda transformação de energia, sempre uma parte é perdida na forma de calor.

Utilizam-se os mesmos cartões e o "dadinho" da atividade anterior. Entretanto, desta vez as apostas são de 3 cartões ao invés de 1.

Introduz-se uma nova regra, que é o imposto. A cada jogada, o jogador vitorioso no "dadinho", deve pagar um imposto de 2 cartas ao professor.

A cada transformação, sempre haverá um imposto pago ao professor, ou seja, parte da energia sempre será perdida em forma de calor.

Após várias rodadas, todos os cartões serão pagos ao professor, indicando que toda energia, no final, será transformada em calor ou degradada.

O jogo demonstra também que as transformações de energia ocorrem sempre num sentido em que haja degradação, ou seja, aumento da entropia.

Em seguida, houve a realização de atividades experimentais de Calorimetria utilizando um fogareiro portátil a gás, um recipiente de vidro *pirex* de 1 litro (becker), e um termômetro de  $-10$  a  $150^{\circ}$  C. Nessas atividades foram explorados conceitos de calor, temperatura, a equação fundamental da calorimetria, a combustão de compostos orgânicos, o comportamento da temperatura durante as mudanças de fase, e a propagação de calor .

*1ª atividade experimental:*

Medida dos tempos de aquecimento de 200 ml de água contido num becker, através de um fogareiro portátil, até chegar a temperaturas de 50° C e 80° C.

Conclusão: A água recebe mais energia da chama do fogareiro para se elevar a temperatura até 80° C do que para 50° C, mostrando que a energia recebida é proporcional ao aumento da temperatura.

*2ª atividade experimental:*

Medida dos tempos de aquecimento até 80° C, de 200ml e depois de 600 ml de água.

Conclusão: Quanto maior a massa de água, mais energia é necessária para elevar-se a uma mesma temperatura.

*3ª atividade experimental:*

1º caso: Mistura de 150 ml de água quente com 50 ml de água fria;

2º caso: Mistura de 50 ml de água quente com 150 ml de água fria;

Conclusão: A temperatura de equilíbrio térmico da mistura sempre fica mais próxima da temperatura inicial da água de maior massa.

*4ª atividade experimental:*

Aquecer lentamente 200ml de água num becker, medindo a temperatura a cada minuto.

Verificar que a temperatura pára de subir a partir do momento em que a água começa a ferver.

Conclusão: Durante as mudanças de fase (líquido → vapor), a temperatura da água mantém-se constante. Isto demonstra que, quando a água começa a ferver, não adianta aumentar a altura da chama do fogareiro, que a temperatura da água não irá aumentar.

Houve também uma pequena demonstração de convecção de calor na água, colocando-se papel picado dentro do becker com água fervente.

### 5. 1. 2 Considerações sobre o curso

Trata-se de um curso para sensibilização e para fornecimento de informações técnicas sobre o petróleo e gás natural, bem apresentadas e de fácil compreensão, apesar das informações serem muito técnicas e extensas. Deve-se levar em conta que a maioria dos professores não são da área de ciências exatas. Há pouca ênfase nas questões ligadas ao cotidiano, tais como o uso eficiente da energia no lar e no trabalho, no uso do automóvel, com a física e a química envolvidas, etc.

Há “joguinhos” muito interessantes, principalmente para explorar conceitos difíceis, tais como a conservação de energia e entropia. No entanto, é necessário que o professor saiba como explorar o jogo, fazendo uma analogia com as transformações de energia reais que ocorrem no cotidiano do aluno.

A parte experimental poderia ser melhor explorada, através do uso de pequenas demonstrações, principalmente nos tipos principais de energia e as conversões, indicando a eficiência, custos econômicos e ambientais, etc.

Poderia haver também uma integração entre estes programas educacionais nos temas transversais dos currículos das escolas, principalmente o “PROCEL NAS ESCOLAS” e o “CONPET NA ESCOLA”.

### 5. 1. 3 A avaliação dos professores

Ao final do curso, é feito um questionário de avaliação dos professores que participaram e concluíram o curso CONPET NA ESCOLA.

Responderam ao questionário, um total de **97** professores do ensino fundamental e médio da rede pública da cidade de São Carlos.

Deste total, 59 professores lecionam matérias da área de *humanas*: Português, História, Geografia, Pedagogia, Inglês, Educação Física e Educação Artística; e 38 professores

lecionam matérias das áreas de exatas ou biológicas: Física, Química, Matemática, Biologia e Ciências.

Algumas destas opiniões são descritas a seguir:

*Pergunta:*

*"Quanto à estrutura do curso, ela foi: ( ) ótima ( ) boa ( ) razoável ( ) ruim"*

professores	ótima	boa	razoável	ruim
exatas e biológicas	34	3	1	-
humanas	57	2	-	
total	91	5	1	-

Há uma visível aceitação do curso, uma vez que as pontuações distribuem-se, significativamente, entre “ótimo” e “bom”.

*Pergunta:*

*"Quanto à questão da conservação de energia, seu interesse após o curso:*

*( ) aumentou ( ) não modificou ( ) diminuiu*

professores	aumentou	não modificou	diminuiu
exatas e biológicas	38	-	-
humanas	59	-	-
total	97	-	-

A partir também dos questionários, foram selecionadas duas outras perguntas:

*"Que desdobramentos você espera realizar na sua escola e na sua disciplina após o curso?"*.

*"O que você espera como mudanças de atitude pessoais daqui para frente?"*.

Com relação à primeira pergunta, a partir da análise das respostas dadas pelos professores, chega-se à conclusão que 100% deles pretendem aplicar e repassar os conhecimentos adquiridos durante o curso, nas escolas ou nas suas aulas.

Observa-se também que, pelas respostas relativas à segunda pergunta, todos pretendem mudar as suas atitudes pessoais e hábitos visando o combate ao desperdício e a prática da economia de energia, no seu dia-a-dia.

#### **5. 1. 4 Comentários sobre a avaliação**

Da pesquisa feita na avaliação, nota-se um ótimo grau de aceitação e satisfação dos professores quanto ao curso dado pela CONPET.

A partir dos comentários dos professores na folha de questionários, aparentemente, mesmo para os professores das áreas de ciências exatas e biológicas, a maior parte do conteúdo dado no curso foi "uma novidade".

Esta observação é interessante, pois evidencia que temas ou problemas atuais e ligados ao cotidiano dos cidadãos, não foram muito abordados ou discutidos nas escolas ou universidades, durante a formação ou no período acadêmico desses professores.

Portanto, é uma importante lacuna a ser preenchida no curriculum das escolas, com a inclusão de temas transversais e atuais como a energia, a cidadania, o meio ambiente, etc., em todos os níveis de ensino.

## 5.2 “Procel nas escolas”

O “PROCEL NAS ESCOLAS” é um projeto de educação que faz parte das linhas de ação do Programa de combate ao desperdício de energia elétrica (PROCEL), criado, como descrito atrás, por decreto presidencial em 18 de julho de 1991.

O apoio técnico e administrativo ao programa está a cargo da ELETROBRÁS.

### Metodologia

A metodologia usada pelo Procel nas Escolas é chamada “A NATUREZA DA PAISAGEM – ENERGIA”, associada ao Programa de Educação Ambiental, desenvolvido pelo Centro de Cultura, Informação e Meio Ambiente, que é um programa oficial da UNESCO.

Dentre os objetivos desta metodologia estão:

- Capacitar os professores a fim de abordarem nas escolas, todos os aspectos de combate ao desperdício de eletricidade.
- Desenvolver materiais pedagógicos e didáticos sobre energia, a serem distribuídos gratuitamente aos corpos docente e discente.
- Ampliar o conhecimento dos estudantes e dos professores e da comunidade, estimulando-os a defenderem o conjunto dos recursos naturais e o meio ambiente.

O Procel não atua diretamente com os professores das instituições de ensino médio e fundamental, como faz o Conpet. Ela atua através de cursos para multiplicadores, que são dados aos funcionários e técnicos das Concessionárias de energia elétrica, em todo o país.

Uma vez treinados, os multiplicadores é que irão treinar os professores das escolas das regiões próximas da concessionária.

Portanto, o “Procel nas escolas” passa por duas etapas até chegar ao aluno na escola:

1. O curso para multiplicadores das concessionárias, de 32 horas de duração, ministrado pela equipe do PROCEL/Educação, da Eletrobrás.
2. O curso de capacitação para professores, de 12 horas de duração, ministrado pelos multiplicadores das concessionárias.

Como este programa atua neste sistema de multiplicadores, a sua abrangência torna-se muito maior, comparada ao programa do Conpet, que atua diretamente sobre os professores.

Pelo convênio firmado recentemente com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o PROCEL, até março de 1999, deverão ser analisados os programas de combate ao desperdício de 36 concessionárias de distribuição de energia elétrica.

Pelos contratos de concessão dessas empresas, 1% do seu faturamento bruto deverá ser aplicado em projetos de eficiência energética, sendo a quarta parte desse valor, no mínimo, voltada para o uso final da energia.

Portanto, como as concessionárias precisam aplicar recursos para esses fins, projetos como o Procel nas Escolas podem contar com a participação dos técnicos e funcionários dessas empresas para a formação de multiplicadores, facilitando as ações de difusão dessa metodologia.

Por outro lado, a metodologia “A Natureza da Paisagem – Energia” possui princípios fundamentais, processos de implementação, de acompanhamento e de avaliação.

*Princípios Fundamentais:* Como uma proposta pedagógica, esta metodologia possui os princípios fundamentais que norteiam a sua elaboração. Sendo esta metodologia inserida num Programa de Educação Ambiental, os seus princípios são os da Educação Ambiental, que são:

1. **PROCESSO PERMANENTE:** a educação é um processo permanente e, como tal, precisa ser alimentado. A natureza do homem é aprender sempre. Isso pode transformá-lo em outro ser.
2. **TOTALIDADE:** o ambiente como “totalidade”. Partindo da idéia de que o homem e a natureza fazem parte de um todo, podemos dizer que não só os aspectos físicos naturais, como também os construídos pelo homem, constituem o ambiente. Por exemplo, um rio e sua ponte. Portanto, a palavra ambiente exige múltiplas abordagens para a sua compreensão. Cada ação afeta de alguma maneira o ambiente.
3. **INTERDISCIPLINARIDADE:** é uma perspectiva nova para a Educação. Se o ambiente é de totalidade, não adianta, por exemplo, um especialista apresentar isoladamente suas sugestões para a solução de problemas. Para cada disciplina pode-se apresentar um universo de sugestões elaboradas por profissionais de várias áreas, sempre levando em conta o ponto de vista de cada um.
4. **TEORIA E PRÁTICA:** pensar e agir sobre a realidade. Não adianta a sapiência teórica, se não soubermos colocá-la em prática. A Escola deverá preparar o aluno para a vida.
5. **RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS IMEDIATOS:** pela ação do homem, o planeta tem muitos problemas ambientais sérios. A Escola deverá contribuir no sentido de formar uma nova mentalidade intervindo imediatamente no cotidiano do aluno, na resolução de problemas imediatos.
6. **MUDANÇA DE HÁBITOS:** o momento atual exige que as pessoas tenham um comportamento diferente para garantir uma boa qualidade de vida para todos, de forma a aumentar a participação da cidadania. É necessário o combate ao desperdício, a redução do consumismo, o aumento da solidariedade e a preocupação

com as futuras gerações. A Educação é um instrumento preponderante para a conquista destas mudanças.

7. PARTICIPAÇÃO E PARCERIAS: a Educação Ambiental trata de assuntos comuns a todos os seres humanos. Pode, portanto, envolver a sociedade civil, a iniciativa privada e o Estado que se associam de forma a garantir recursos e comprometimento das partes com o resultado final.
8. QUALIDADE DE VIDA: está intimamente ligada ao bem estar e à satisfação do homem. Deve ser garantida hoje e sempre.

*Processo de implantação:* O processo de implantação desta metodologia passa por várias etapas:

1. SENSIBILIZAR A ÁREA DE EDUCAÇÃO: estão incluídas as Secretarias de Educação, SINEP, SENAI, SENAC. Para a sensibilização, apresenta-se o panorama energético brasileiro, a metodologia “A Natureza da Paisagem – Energia” e os materiais didático/pedagógico.
2. FIRMAR ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA ENTRE A CONCESSIONÁRIA E A ÁREA DE EDUCAÇÃO.
3. DEFINIR AS ESCOLAS (10 ESCOLAS POR PROMOÇÃO), VIA ÁREA DE EDUCAÇÃO.
4. MARCAR REUNIÃO COM OS DIRETORES DESSAS ESCOLAS, VIA ÁREA DE EDUCAÇÃO.
5. REALIZAR A REUNIÃO COM OS DIRETORES, SENSIBILIZANDO-OS: Repetir o panorama energético, metodologia, material pedagógico. Entregar ao Diretor, a ficha de cadastro da escola e de acompanhamento.
6. INDICAR OS PROFESSORES, VIA DIRETORES: 3 professores por escola, a cada promoção.

7. MARCAR DATA DO CURSO DE PROFESSORES, VIA ÁREA DE EDUCAÇÃO.

8. REALIZAR O CURSO DE PROFESSORES (12 HORAS), recolhem-se as fichas de cadastro da escola.

*Processo de acompanhamento e de avaliação:* após o curso de professores, faz-se o processo de acompanhamento e de avaliação, através de fichas de cadastro e de acompanhamento e de um “software” da escola e da residência de cada aluno a serem preenchidas, contendo dados sobre a instalação elétrica, consumo de energia elétrica, uso de aparelhos elétricos, etc. Este processo passa pelas etapas:

1. PLANEJAMENTO DAS AÇÕES DOS PROFESSORES: Marcar reunião com os professores treinados para planejar as suas ações de combate ao desperdício de energia.
2. BUSCA DE RESULTADOS: Marcar reunião com os professores, via área de educação para ouvi-los, dar informações técnicas adicionais, computar os resultados/recolher as fichas de acompanhamento da residência como da escola.
3. EMISSÃO DE RELATÓRIOS: relato dos professores quanto ao resultados obtidos, kWh economizados na escola e nas residências.
4. REALIMENTAÇÃO DO PROCESSO.

#### Material didático/pedagógico

O conteúdo da metodologia consta de cinco livros, um álbum seriado, um jogo educativo, um “folder” e uma fita de vídeo; materiais estes, denominados de didático/pedagógico, de apoio ao professor e ao aluno.

Os livros são assim caracterizados:

- LIVRO ZERO – Chamado livro técnico científico, pois contém informações gerais sobre o tema – Energia, servindo como fonte de consulta.

- LIVRO DO PROFESSOR – É o livro que contém todo o processo metodológico, com informações e sugestões de atividades práticas em sala de aula.
- LIVRO 1 – É o livro destinado aos alunos de 1<sup>a</sup> à 4<sup>a</sup> série do nível fundamental, com ilustrações coloridas e conteúdo apresentado em forma de versos.
- LIVRO 2 – É o livro para pré-adolescentes e adolescentes, destinado aos alunos de 5<sup>a</sup> à 8<sup>a</sup> série do nível fundamental, com diversas ilustrações coloridas e texto mais denso.
- LIVRO 3 – É o livro para o nível médio, com mais conteúdo.
- ÁLBUM SERIADO – É um “flip-chart” auto-sustentável, com 12 páginas, para motivar a aula sobre energia.
- JOGO EDUCATIVO – Jogo que leva os participantes (podem jogar até 6 pessoas) a percorrer um caminho, através de jogada de “dadinhos”, recebendo várias dicas sobre o uso eficiente de energia.
- VÍDEO – O vídeo contém as informações dos livros sob forma de imagens, tais como formas de energia, a história da energia e o seu uso eficiente.
- “FOLDER” – Contém informações gerais sobre a metodologia “A Natureza da Paisagem – Energia”.

### **5. 2. 1 Curso de capacitação para multiplicadores**

O curso de capacitação de multiplicadores é destinado aos técnicos e funcionários das concessionárias de energia elétrica e é dado pela equipe do setor de educação do PROCEL.

Após este curso, os multiplicadores irão capacitar os professores das escolas da região de abrangência da sua respectiva concessionária.

O curso tem a duração de 32 horas constando de palestras, trabalhos em grupos e debates, abordando temas variados, tais como:

- Demanda e desperdício de energia no Brasil.
- Sensibilização - Panorama energético brasileiro.
- Histórico do "Procel nas Escolas".
- Oficina de conceitos : educação ambiental, qualidade de vida, cidadania, qualidade de vida, energia, etc.
- Apresentação do programa "A natureza da paisagem - Energia".
- Conceitos fundamentais de eletricidade: Resistência elétrica, voltagem, corrente elétrica, potência, energia.
- Palestra sobre Processos de Comunicação: Emissor, receptor, mensagem, canal, retorno.

### **O Procel nas escolas técnicas e de nível superior**

Além das escolas de nível médio e fundamental, através desta metodologia inserida no Programa de Educação Ambiental, o Procel nas Escolas iniciou a sua atuação em escolas técnicas de nível médio e também em instituições de ensino superior.

Isto vem ocorrendo através da disciplina “Eficiência Energética”, com carga horária de 40 horas para as áreas de eletrotécnica, eletrônica, mecânica e civil, nas escolas técnicas de nível médio: e com carga de 60 horas para os cursos de engenharia elétrica, mecânica e de produção, nas instituições de ensino superior.

### 5.3 Considerações sobre os cursos

O curso de multiplicadores do Procel nas escolas utilizando esta metodologia é bastante interessante e abrangente, conseguindo resultados muito expressivos no combate ao desperdício de energia.

Diferentemente do Conpet na escola, a metodologia do Procel nas escolas possui um mecanismo de medição da energia elétrica economizada feita por aluno treinado, através da conta de luz do mesmo, antes e depois do treinamento.

Segundo a avaliação da maioria dos professores treinados, o curso tem um conceito ótimo.

Poderia ser um pouco mais aprofundado, principalmente os conceitos relacionados com energia, explorando melhor as Leis da Termodinâmica e os conceitos de eficiência, de perda, de desperdício, inclusive, com algumas atividades práticas.

O curso está bem estruturado no aspecto de sensibilização, sendo que nos aspectos conceituais do tema energia é superficial e pouco explorado.

Neste contexto, os programas de sensibilização do *PROCEL* e *CONPET* contêm elementos importantes que podem ser utilizados em nossos currículos, desde que se dê igual importância aos aspectos conceituais e interdisciplinares da questão.

## 6 CONCLUSÕES

Os estudos empíricos desenvolvidos para subsidiar o ensino formal de física através da projeção, elaboração e avaliação de *kits* experimentais simples, voltados para a exploração dos processos de produção e usos finais de energia, conduziu-nos para a realização de estudos e investigações no campo específico do ensino, focalizando a escola em seus múltiplos aspectos: o aluno, o professor e a legislação pertinente, articulada com estudos e reflexões oriundos de uma visão mais geral que são desenvolvidos no IEE-USP, permitindo-nos desenvolver um intenso programa com o objetivo de alicerçar os estudos propostos no presente projeto.

Assim sendo, nossos estudos relacionados com a energia e a evolução de seu consumo no capítulo 1, mostraram a importância do tema no desenvolvimento de toda a humanidade e a necessidade de sua articulação mais estreita com o ensino formal.

Por outro lado, a legislação vigente aponta de forma objetiva para a necessidade de projetar-se o ensino que leve em conta a realidade vivencial do aluno, bem como o processo de formação da cidadania.

Neste novo contexto educacional, o aluno é convidado a construir parte do seu conhecimento através da utilização de todo o ferramental disponível, para que ele possa, ao longo do estudo formal, desenvolver habilidades e competências capazes de melhor compreender o cenário científico e tecnológico em que está envolvido, bem como compreender de maneira crítica, os aspectos positivos e negativos associados à utilização da energia no seu cotidiano.

É necessário destacar que os estudos já exaustivamente realizados apontam para uma escola desprovida de recursos materiais e humanos capazes de explorar a atual fronteira do conhecimento científico e tecnológico no presente momento, motivo pelo qual se observa um ensino livresco sem nenhuma relação com a realidade vivencial do aluno e desprovido, na maioria das escolas, de qualquer atividade experimental, por mais singela que ela possa ser.

Face à importância da energia no mundo moderno, as autoridades governamentais procuraram desenvolver programas com o objetivo básico de combater o desperdício de energia. Tais programas (CONPET E PROCEL) foram cuidadosamente analisados e vivenciados por nós e apontam aspectos que podemos considerar como relevantes no seu desenvolvimento. Os seus objetivos básicos procuram, através de cursos, sensibilizar um público crescente para o problema do desperdício de energia, mas não é sua preocupação fornecer ferramentas científicas e mais estruturadas, não atingindo de maneira desejada o ensino formal.

Nossas análises do ponto de vista do ensino formal, associadas a uma visão mais geral do ponto de vista educacional, adquirida no próprio processo de desenvolvimento da presente pesquisa, levou-nos a reforçar a nossa percepção inicial de que através da projeção de *kits* experimentais simples, seria possível fornecer alternativas para o ensino de física no ensino médio, uma vez que esses *kits* foram elaborados com o objetivo de se explorar ao mesmo tempo, os aspectos relevantes das leis da física bem como as suas aplicações tecnológicas.

Desenvolvidos os primeiros protótipos, pudemos submetê-los, através de cursos de capacitação oferecidos no IFUSP, a professores da rede de ensino público e recolher as observações e críticas dos mesmos.

Nos referidos cursos de capacitação, os professores-alunos se tornam atores nas oficinas oferecidas, construindo também, os seus *kits*, que foram levados para as suas escolas, com a finalidade de reforçar conteúdos associados aos cursos desenvolvidos nas suas aulas: a energia mecânica (gravitacional, eólica, etc.), a energia térmica, a energia elétrica, a energia solar, além dos aspectos formais não menos importantes como a iluminação, a refrigeração, a cocção de alimentos, etc.

É importante destacar que, no processo de desenvolvimento, os *kits* experimentais e os correspondentes textos de apoio sofreram sucessivas alterações para o seu aprimoramento, fruto do processo de avaliação formativa a que os mesmos foram submetidos.

É importante destacar a colaboração dos professores da rede de ensino neste processo. Não somente reproduziram o material desenvolvido, bem como vêm fazendo uso dos mesmos para o apoio do ensino formal de física.

Assim, apoiado por uma concepção mais ampla de educação e com uma percepção do atual estado da arte em nosso ensino, pudemos projetar recursos alternativos - *kits* experimentais - não conflitantes com o ensino formal que normalmente é oferecido, mas que se demonstraram adequados para agregar valor educacional ao processo de ensino que atualmente é oferecido: a turbina a vapor ilustra claramente um processo termodinâmico. A mini-usina hidroelétrica apresenta um rico cenário de

transformações de energia. O gerador eólico, o painel solar fotovoltaico, enfim, os *kits* passam a concretizar fenômenos que sempre foram tratados de forma teórica, no quadro negro.

As reações recolhidas por levantamentos realizados junto a professores e alunos atestam a importância da abordagem por nós elaborada.

Neste sentido, podemos concluir que através dos estudos e pesquisas desenvolvidas, o desenvolvimento de uma linha de ensino fortemente apoiada em elementos de concretização pode contribuir de forma perceptível, no processo de formação científica do futuro cidadão, despertando no estudante, através de ações lúdicas, o interesse pelo mundo da ciência e suas aplicações, bem como o entendimento de seus impactos ambientais e o interesse pelo fazer.

É importante que, através deste processo, procure-se desenvolver as habilidades e potencialidades do estudante para o aprender, aspecto este inerente a todo o processo educacional moderno.

Partimos de uma proposta simples, mas que transporta um forte conteúdo educacional e cultural, uma vez que se pode associar ao fazer, a sua história e seu desenvolvimento e também, da mesma forma, ao enfatizar-se os processos científicos e tecnológicos, pode-se analisar os seus impactos e prever a própria linha temporal de desenvolvimento científico e social.

Os aspectos associados à própria possibilidade de situar o aluno numa linha do tempo, da qual ele é parte integrante, constitui certamente um estudo que consideramos pertinente para o prosseguimento destas investigações iniciais.

Neste sentido, nossas conclusões podem ser consideradas neste momento, como parciais, uma vez que pretendemos prosseguir com este trabalho através de novos estudos e desenvolvimento de novas propostas.

## ANEXO 1

### AS NOVAS DIRETRIZES CURRICULARES DO ENSINO MÉDIO BRASILEIRO (LDB – Lei 9394/96)

Neste anexo, apresentamos um resumo das Novas Diretrizes Curriculares do Ensino Médio Brasileiro, segundo a LDB – Lei 9394/96, nas quais a proposta se apóia.

Este resumo foi baseado no encarte do MEC: “As novas diretrizes curriculares que mudam o ensino médio brasileiro”<sup>1</sup>, segundo 13 tópicos:

1. A clientela e a demanda
2. As bases legais do novo ensino médio
3. O ensino médio e o mundo moderno
4. Os fundamentos estéticos, políticos e éticos
5. Diretrizes para uma pedagogia de qualidade
6. Organização curricular
7. Interdisciplinaridade e contextualização
8. O contexto do trabalho
9. Exercício da cidadania
10. Formação geral e preparação básica para o trabalho
11. Autonomia das escolas
12. O currículo proposto
13. Os saberes nas áreas curriculares

### INTRODUÇÃO

A principal referência da prática curricular do ensino médio brasileiro até o momento, tem sido a preparação para os exames vestibulares que dão ingresso à educação de nível superior.

Entretanto, a sociedade brasileira anseia por ascender a patamares mais avançados do sistema de ensino, mesmo sem visar o vestibular. Isto decorre de fatores como a urbanização e modernização que são conseqüências do crescimento econômico e também da crescente valorização da educação como estratégia de melhoria de vida, como o acesso ao emprego ou ascendência salarial e social.

Portanto, a educação, que no plano legal é estabelecido como uma obrigação do Estado, passa a integrar no plano político, o conjunto de direitos da cidadania.

No cenário mundial, a educação de nível médio também passa por mudanças e revisões radicais nas suas formas de organização institucional e nos seus conteúdos curriculares, pois ela é a principal responsável pelas mudanças na forma de conviver, de exercer a cidadania, e de organização no trabalho, impostas principalmente pela globalização econômica e pela rápida revolução da tecnologia.

No Brasil, as novas Diretrizes explicitam a diferenciação entre a formação básica nacional, que é uma preparação geral para o trabalho, e a formação profissional, que prepara o aluno para o desempenho de profissão técnica, que será feita por curso complementar, realizado concomitante ou seqüencialmente ao do ensino médio, em carga horária complementar.

Caberá às escolas de ensino médio, contemplar, em suas propostas pedagógicas, de acordo com as características regionais e de sua clientela, baseando-se nas propostas curriculares do MEC.

---

<sup>1</sup> “Internet” – <http://www.mec.gov.br>

No Artigo 35, a LDB dá conteúdo concreto ao caráter básico da educação média:

“O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de 3 anos, terá como finalidades:

1. *A consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;*
2. *A preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;*
3. *O aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;*
4. *A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”.*

Já o Artigo 36 da mesma lei, preceitua: “Os conteúdos, as metodologias as formas de avaliação serão organizadas de tal forma que ao final do ensino médio, o educando demonstre:

1. *Domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;*
2. *Conhecimento das formas contemporâneas de linguagem;*
3. *Domínio dos conhecimentos de Filosofia e Sociologia necessários ao exercício da cidadania.”*

A implementação das diretrizes será, ao mesmo tempo, um processo de ruptura e de transição.

Ruptura, porque sinaliza para um ensino médio diferente do atual, e de transição, porque as novas diretrizes não constituem uma negação da experiência acumulada, suas qualidades e limitações.

## **TÓPICOS DAS NOVAS DIRETRIZES CURRICULARES DO ENSINO MÉDIO**

### **1. A clientela e a demanda:**

O crescimento da demanda pelo ensino médio se traduz em números: de 1985 a 1994 houve um crescimento de matrículas superior a 100%, enquanto que no ensino fundamental o crescimento foi de 30%.

Tal crescimento ocorreu por dois motivos principais:

1. Incorporação de grupos sociais até então, excluídos da continuidade de estudos após o ensino fundamental;
2. Matrículas de jovens-adultos, muitos deles, trabalhadores que precisam estudar para dominar habilidades que lhes permita assimilar e utilizar produtivamente recursos tecnológicos novos e em acelerada transformação.

Estas hipóteses são reforçadas pelo padrão das matrículas, que se concentram nas redes públicas e predominantemente no período noturno.

O aumento de matrículas já preocupa os sistemas de ensino, agravando-se a situação se considerarmos a demanda potencial (ou latente).

Recentes estudos demográficos apontam para um fenômeno denominado de “onda de adolescentes”. Em 1990, a geração de adolescentes foi de 1 milhão maior que a de 1980. Estima-se que no ano 2000, teremos 2,8 milhões de adolescentes a mais que em 1990. Só neste ano (1999), haverá 14,3 milhões de jovens com idade entre 15 e 18 anos. Esta onda de adolescentes ocorre justamente num momento de escassez de oferta de empregos.

Somados os dois fenômenos, significa portanto, que boa parte desses adolescentes vai tentar permanecer mais tempo no sistema de ensino, na expectativa de preparar-se melhor para entrar no mercado de trabalho.

A capacidade do Brasil para atender a essa demanda é muito limitada: menos da metade da população de 15 a 17 anos está matriculada na escola. E dos matriculados, metade ainda está no ensino fundamental.

## **2. As bases legais do novo ensino médio**

A lei 9394/96, que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional, prevê em seu artigo 9, inciso IV, entre as incumbências da União, estabelecer, em colaboração com os Estados e Municípios e o Distrito Federal, as competências e diretrizes para a educação infantil, o ensino fundamental, e o ensino médio, que nortearão os currículos e seus conteúdos mínimos, de modo a assegurar formação básica comum.

Esta lei aponta para um novo ensino médio brasileiro, destacando o caráter de formação geral, básica para o exercício da cidadania.

## **3. O ensino médio e o mundo moderno**

No mundo moderno, as habilidades e competências mais requeridas por uma organização de produção serão: a criatividade, a autonomia e a capacidade de solucionar problemas.

A mudança de paradigmas no conhecimento, na produção e no exercício da cidadania, colocou em questão uma antiga dualidade na educação de nível médio: a progressiva integração curricular nas etapas da escolaridade e uma nítida fragmentação e segmentação com cursos de especialização das modalidades profissionalizantes.

Em meados da segunda metade dos anos 90 surgiu uma nova geração de reformas na educação, visando os ideais de humanismo e da diversidade agregados às necessidades produtivas e à ênfase na unificação.

A expectativa é de que a escola contribua para a constituição de uma cidadania de qualidade nova, cujo exercício reúna conhecimentos e informações a um protagonismo responsável. Emprego, qualidade de vida, meio ambiente, igualdade entre os seres humanos, devem, ser os ideais afirmativos para a vida pessoal e para a convivência.

## **4. Os fundamentos estéticos, políticos e éticos**

Os três princípios por que estão organizados os valores estéticos, políticos e éticos que inspiram a Constituição e a LDB, são: a sensibilidade, a igualdade e a identidade.

A estética da sensibilidade estimula a criatividade, o espírito inventivo, a curiosidade pelo inusitado, a afetividade, a capacidade de conviver com o incerto, o imprevisível e o diferente. Numa escola inspirada na estética da sensibilidade, o espaço e o tempo são planejados para acolher, expressar a diversidade dos alunos e propiciar trocas de experiências de vida.

A política da igualdade incorpora o reconhecimento dos direitos humanos e o exercício dos direitos e deveres da cidadania. Para a sociedade ela vai se expressar também na busca da equidade no acesso à educação, ao emprego, à saúde, ao meio ambiente saudável, e combate a qualquer tipo de preconceito.

Um dos fundamentos da política da igualdade é a estética da sensibilidade, que deve ser praticada na garantia de igualdade de oportunidade e de diversidade de tratamento dos alunos e dos professores para aprender e aprender a ensinar os conteúdos curriculares.

Finalmente, a ética da identidade substitui a moralidade dos valores abstratos da era industrial e busca reconciliar o mundo da moral e o mundo da matéria, o público e o privado.

Como princípio educativo, a ética só é eficaz quando reconhece que a educação é um processo de construção de identidades, tendo como fim mais importante, a autonomia, condição indispensável para os juízos de valor e as escolhas de um projeto próprio de vida.

Uma pedagogia de qualidade deve, portanto, estar ancorada na ética, incorporando a estética e a política, cuja finalidade é a formação básica nacional comum, para o trabalho e para as demais tarefas da vida.

### **5. Diretrizes para uma pedagogia de qualidade**

Ainda hoje, cursar o ensino médio é um privilégio para poucos e, dentre estes, poucos têm acesso à qualidade.

As escolas atendem a um número muito pequeno de alunos e, em alguns casos, viram-se reféns do exame vestibular, por causa do alunado selecionado que a elas tem acesso.

Essa situação gerou uma padronização desqualificada do ensino, que se quer substituir por uma diversificação com qualidade.

A diversidade leva em conta as características do meio social e da clientela, sem se confundir com fragmentação, muito ao contrário.

Dessa forma, a diversidade é necessária para contemplar as diferenças nos pontos de partida do seu alunado.

Os sistemas e os estabelecimentos de ensino médio deverão criar e desenvolver juntamente com a comunidade e a equipe docente, alternativas institucionais com identidade própria, baseadas na missão de educar o jovem, usando várias possibilidades de organização pedagógica, parcerias com instituições públicas e privadas para a formulação de políticas de ensino, de acordo com as características de seus alunos e as demandas do meio social.

A proposta pedagógica deve ser acompanhada por procedimentos de avaliação, de divulgação de resultados e de mecanismos de prestação de contas.

### **6. Organização curricular**

A organização curricular deve ser orientada por alguns pressupostos:

- Visão orgânica do conhecimento, afinada com as mutações que o acesso à informação estão causando no modo de abordar, analisar, explicar e prever a realidade, ilustradas no hipertexto que entremeia o texto das construções conceituais.
- Organização e tratamento dos conteúdos do ensino e da aprendizagem de modo a destacar as múltiplas interações entre as disciplinas do currículo.
- Abertura e sensibilidade para identificar as relações existentes entre o conteúdo do ensino e os muitos contextos de vida social e pessoal.
- Reconhecimento das linguagens como forma de constituição dos conhecimentos e das identidades.
- Reconhecimento de que o conhecimento é uma construção coletiva e que a aprendizagem mobiliza afetos, emoções e relações, além das cognições e habilidades intelectuais.

Dos pressupostos acima, a formação básica a ser buscada é mais pela constituição de competências, habilidades e modos de conduta do que pela quantidade de informações.

Uma organização curricular que responda a esse desafio requer:

- Desbastar o currículo enciclopédico, congestionado de informações, priorizando conhecimentos e competências de tipo geral, entre elas, a capacidade de continuar aprendendo.
- Adotar estratégias de ensino diversificadas que mobilizem mais o raciocínio do que a memória, assim como a interação professor-aluno e aluno-aluno, para a construção de conhecimentos coletivos.
- Organizar os conteúdos de ensino em estudos ou áreas interdisciplinares e projetos que melhor abriguem a visão orgânica do conhecimento e o diálogo permanente entre as diferentes áreas do saber.
- Contextualização do ensino, aproveitando as relações entre os conteúdos e o contexto para dar significado ao aprendido, estimular o gosto em ser aluno-protagonista e estimulá-lo a ter autonomia intelectual.
- Lidar com os sentimentos associados às situações de aprendizagem para facilitar a relação do aluno com o conhecimento.

### **7. Interdisciplinaridade e contextualização**

*Interdisciplinaridade:* Todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos. Um diálogo que pode ser de questionamento, de confirmação, de complementação, de negação, de ampliação ou de iluminação de aspectos não distinguidos.

Por exemplo, a matemática como um dos recursos constitutivos dos conceitos das ciências, ou as ciências humanas como forma de aperfeiçoar o emprego da linguagem verbal e formal.

*Contextualização:* Contextualizar um conteúdo significa evocar áreas, âmbitos ou dimensões presentes na vida pessoal, social e cultural, utilizando-os como recursos para a aprendizagem. Destes, o trabalho e a vida civil, na forma de exercício da cidadania, são os mais explicitamente mencionados na LDB.

A contextualização também pode ser entendida como um tipo particular de interdisciplinaridade, conforme aponta para um tratamento de certos conteúdos como contexto de outros.

Como exemplo, muitas pessoas que estudaram física talvez não consigam entender o funcionamento de uma geladeira ou de um forno de microondas, ou se desconcertem quando têm de estabelecer a relação entre o tamanho de um ambiente e os BTU's do aparelho de ar condicionado que pretendem adquirir.

### **8. O contexto do trabalho**

O trabalho é o contexto mais importante da experiência curricular no ensino médio, de acordo com as diretrizes da LDB. À medida que o ensino médio é parte integrante da educação básica e que o trabalho é o princípio organizador do currículo, muda a noção tradicional de educação geral acadêmica ou academicista. O trabalho já não é limitado ao ensino profissionalizante. Os conhecimentos adquiridos conformarão os pré-requisitos para o ingresso direto no mercado de trabalho ou em programas de preparação profissionalizante.

## **9. O exercício da cidadania**

Devem fazer parte integrante do exercício do cidadão, as práticas sociais, políticas e culturais, a vida pessoal, o cotidiano, as questões ligadas ao meio ambiente, corpo saúde, etc.

Qualquer conteúdo curricular deve fazer a ponte entre o que se aprende na escola e o que se faz, o que se vive, e o que se observa no dia-a-dia.

Por exemplo, trabalhar os conteúdos das ciências naturais no contexto da cidadania pode significar um projeto de tratamento da água ou do lixo da escola, ou a participação numa campanha de vacinação, ou no combate ao desperdício de recursos como a energia ou a água.

## **10. Formação geral e preparação básica para o trabalho**

A preparação geral para o trabalho e habilitação profissional, nos termos dos parágrafos 2º a 4º do artigo 36 da LDB, não é identificada com a parte diversificada do currículo.

Outra observação importante diz respeito ao uso, pelas escolas, da possibilidade de preparar para o exercício de profissões técnicas ou de oferecer habilitação profissional.

A LDB presume uma diferença entre preparação geral para o trabalho e habilitação profissional, diferença esta que deve ser explicitada.

A preparação geral para o trabalho aborda os conteúdos e competências de caráter geral para o trabalho, os produtos do trabalho, as condições de produção, etc.

A habilitação profissional prepara para uma profissão técnica.

Enquanto a duração da formação geral, incluída a preparação geral para o trabalho, tem um determinado tempo mínimo fixado, a habilitação profissional pode ter um tempo de duração variável.

## **11. A autonomia das escolas**

A autonomia manifesta-se na formulação de uma proposta pedagógica própria que é um direito de toda instituição escolar. Busca-se evitar que as instâncias centrais do sistema educacional burocratizem e ritualizem a liberdade e a iniciativa das escolas.

A autonomia depende de qualificação permanente dos que trabalham na escola, em especial dos professores, criando condições para aprender a aprender e continuar aprendendo.

Ela também exige uma responsabilização da escola, quanto à avaliação de processos e resultados, a participação dos interessados, a divulgação de informações, etc.

## **12. O currículo proposto**

O Conselho Nacional de Educação aprovou o que se chama de currículo proposto. Entre o currículo proposto e o ensino na sala de aula situam-se as instâncias normativas e executivas estaduais, construindo-se em diferentes níveis, fixando prioridades, identificando recursos e estabelecendo consensos sobre o que e como ensinar.

Os princípios de valor que devem inspirar o currículo são:

- fortalecimento dos laços de solidariedade e de tolerância recíproca
- formação de valores
- aprimoramento como pessoa humana
- formação ética
- exercício da cidadania

Os princípios pedagógicos são a interdisciplinaridade e a contextualização, cuja proposta de currículo aborda:

- compreender os significados em lugar de adquirir conhecimentos fatuais
- ser capaz de continuar aprendendo
- preparar-se para o trabalho e o exercício da cidadania
- ter autonomia intelectual e pensamento crítico
- ter flexibilidade para adaptar-se a novas condições de ocupação
- compreender os fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos
- relacionar a teoria com a prática

### **13. Os saberes nas áreas curriculares**

Na área de linguagens e códigos, a língua portuguesa é a mais importante como principal elemento constitutivo de outros conhecimentos. Na área de ciências da natureza, a matemática é um dos principais recursos de constituição e expressão dos outros conhecimentos dessas ciências.

O ensino da tecnologia comparece integrada às ciências da natureza. Não se trata apenas de apreciar ou dar significado ao uso da tecnologia, mas de conectar os inúmeros conhecimentos com as suas aplicações tecnológicas.

## ANEXO 2

### MATERIAIS E PROCEDIMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DE USINA HIDROELÉTRICA

#### MATERIAIS

1. Turbina (Hélice) : folha de Flandres ( usada em latas de óleo, etc), dimensão: 20x20 cm.
2. Eixo da hélice: barra de solda de latão de 1,5 mm de diâmetro e comprimento aproximado de 12 cm.
3. Suporte para o eixo: tubo de vidro ou de plástico duro ou de caneta esferográfica.
4. Núcleo do gerador: prego grande : número: 22 x 42.
5. Bobina: fio de cobre esmaltado número 27/28 - aprox.10 metros.
6. Ímã de ferrite 2 x 1,5 x 0,5 cm.
7. Suporte para o sistema: chapa de plástico ( polipropileno) 15 x 10 x 0,3 cm.
8. Reservatório de água: frasco de refrigerante de 2 litros
9. Duto condutor de água: mangueira de plástico cristal de 1/4 pol. com 2 m de comprimento.
10. Bico injetor de água: vidro com saída afunilada . Pode ser feito com plástico duro, com saída afunilada com massa epoxi.

#### PROCEDIMENTOS GERAIS PARA CONSTRUÇÃO

1. Construção do reservatório
  - Furar um buraco no fundo da garrafa de plástico. Broca de 7,5 mm.
  - Enfiar a mangueira deixando que fique 1 cm no interior da garrafa e fixá-la com massa epoxi.
2. Construção da hélice
  - Desenhar duas circunferências concêntricas na placa de folha de flandres com raios aproximados de 8 e 2 cm.
  - Dividir a circunferência em 12 partes iguais de modo a permitir estabelecer 12 setores de círculo entre as duas circunferências.
  - Recortar os excessos da folha de flandres de modo a obter um círculo de 8 cm.
  - Recortar as linhas que separam os setores ( Observação: recortar até o círculo menor.)
  - Dobrar os setores em 90° , todos no mesmo sentido, a fim de obter as aletas da turbina.
  - Soldar o eixo.
  - Pintar.

### 3. Confeção da bobina

- Enrolar 10 metros de fio de cobre esmaltado ao redor do eixo - utilizar metade do comprimento do prego - deixando 2 rabichos de 20 cm de cada lado para fixar nos terminais.
- Passar um pouco de cola instantânea líquida para fixar a bobina no prego.

### 4. Montagem da base do sistema

- Próxima de uma das extremidades do tubo de vidro (suporte do eixo da hélice) , enrolar um pedaço de fio rígido dando 5 voltas. Deixar apenas um rabicho de aproximadamente 12 cm.
- Repetir o item anterior na outra extremidade do tubo de vidro.
- Fixar os 2 rabichos nos furos existentes na placa de plástico de 15 x 10 x 0,3 cm. Aplicar massa epóxi para a fixação. Antes, estudar a altura experimentando a hélice.
- Passar cola epóxi nas voltas de fio de cobre para fixá-lo no tubo de vidro.
- Fazer a fixação do bico injetor de água e fixá-lo na placa de plástico.

### 5. Fixação do ímã e da bobina.

- Colocar o eixo da hélice no tubo de vidro e fixar - usar massa epóxi - os dois ímãs (um contra o outro ) com o eixo no meio).
- Fixar o prego ( bobina) na placa de plástico estudando a altura ideal tendo em vista a rotação dos ímãs. Fixar com massa epóxi.

### 6. Terminais

- Fazer os terminais com fio de cobre.
- Soldar os rabichos da bobina nestes terminais.

## ANEXO 3

### MATERIAIS E PROCEDIMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS MODELOS DE TURBINAS TÉRMICAS

#### MATERIAIS PARA A CONSTRUÇÃO

Daremos preferência para a construção da turbina térmica de lata, devido a sua maior facilidade de construção. Porém, pode-se construir o modelo da turbina de vidro, com a ajuda de um vidreiro que trabalhe com sopro em vidro, utilizando tubos de vidro *pirex*, que resistem mais às variações de temperatura.

1. Lata de café solúvel ( metálica de folha de flandres - ferro)
2. Lata de sardinha
3. fio de cobre rígido de 2,5mm<sup>2</sup>.
4. folha de flandres para confecção da turbina
5. fio de latão de 1,5mm de diâmetro para o eixo da turbina
6. prego fino e martelo para fazer o furo na lata (saída de vapor, menor que 1mm de diâmetro)

#### PROCEDIMENTOS GERAIS PARA A CONSTRUÇÃO

1. Construção do reservatório de água (caldeira)
  - Fazer um pequeno furo na base da lata cilíndrica, utilizando um prego fino e martelo, ou com o auxílio de uma broca fina (1 a 2mm de diâmetro), para a saída de vapor
  - Amarrar fios de cobre rígido de 2,5mm de diâmetro (sem a capa plástica) nas extremidades da lata, para montar os pés de sustentação da lata.
  - Com o mesmo fio, montar a sustentação para a turbina, em frente à saída de vapor.
2. Construção da turbina
  - Desenhar duas circunferências concêntricas na placa de folha de flandres com raios aproximados de 4 e 1 cm, furando o centro com um prego e martelo ou broca fina.
  - Dividir a circunferência em 12 partes iguais de modo a permitir estabelecer 12 setores de círculo entre as duas circunferências.
  - Recortar o círculo maior e os setores até o círculo menor, com uma tesoura comum.
  - Dobrar os setores em 90<sup>0</sup>, todos no mesmo sentido, a fim de obter as aletas da turbina.
  - Soldar o eixo de latão no furo no centro da circunferência.
  - Pintar a turbina, para evitar a oxidação.

## ANEXO 4

### MATERIAIS E PROCEDIMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE MODELOS DE GERADORES EÓLICOS

#### MATERIAIS PARA A CONSTRUÇÃO

São descritos 2 modelos de geradores eólicos, conforme fotos no capítulo 2.

O primeiro (gerador eólico 1) utiliza os seguintes materiais:

#### Gerador eólico 1

1. Hélice: folha de flandres (folha de ferro usada em latas de óleo), de dimensões: 20 x 20 cm.
2. Eixo da hélice: barra de latão de 1,5 mm de diâmetro e comprimento aproximado de 12 cm.
3. Suporte para o eixo: tubo de vidro ou de plástico rígido ou de caneta esferográfica.
4. Núcleo do gerador eletromagnético: prego de ferro número 22 x 24.
5. Bobina: fio de cobre esmaltado número 28, com 10 m de comprimento.
6. Ímã de ferrite de dimensões aproximadas de 2 x 1,5 x 0,5 cm.
7. Suporte para o sistema: chapa plástica: 15 x 10 x 0,3 cm.
8. Indicador de corrente elétrica: galvanômetro (VU) ou multímetro.

#### PROCEDIMENTOS GERAIS PARA A CONSTRUÇÃO

1. Construção da hélice
  - Desenhar duas circunferências concêntricas na placa de folha de flandres com raios aproximados de 8 e 2 cm.
  - Dividir a circunferência em 4 partes iguais de modo a permitir estabelecer 4 setores de círculo entre as duas circunferências.
  - Recortar os excessos da folha de flandres de modo a obter um círculo de 8 cm.
  - Recortar as linhas que separam os setores ( Observação: recortar até o círculo menor.)
  - Dobrar os setores em 30° , todos no mesmo sentido, a fim de obter as aletas da turbina eólica.
  - Soldar o eixo de latão no centro da hélice, com solda estanho.
  - Pintar.
2. Confeção da bobina
  - Enrolar 10 metros de fio de cobre esmaltado ao redor do eixo - utilizar metade do comprimento do prego - deixando 2 rabichos de 20 cm de cada lado para fixar nos terminais.
  - Passar um pouco de cola instantânea líquida para fixar a bobina no prego.
3. Fixação do ímã e da bobina.
  - Colocar o eixo da hélice no tubo de vidro e fixar - usar massa epóxi - os dois ímãs (um contra o outro ), com o eixo no meio.
  - Fixar o prego ( bobina) na placa de plástico estudando a altura ideal tendo em vista a rotação dos ímãs. Fixar com massa epóxi.

#### 4. Terminais

- Fazer os terminais com fio de cobre.
- Soldar os rabichos da bobina nestes terminais.

### **Gerador eólico 2**

O segundo modelo de gerador eólico é de construção mais simples.

Utiliza apenas um motorzinho elétrico de corrente contínua, de 1,5 V e uma pequena hélice de plástico.

Ao aplicarmos uma tensão no motorzinho, ele irá girar, transformando energia elétrica em energia mecânica. Entretanto, se fizermos girar o eixo do motor, poderemos gerar energia elétrica, invertendo o processo anterior.

Soprando-se a hélice de plástico, poderemos gerar eletricidade, por exemplo, para acender um pequeno *led*, ou para fazer girar um outro motorzinho.

### **Gerador eólico 3**

A construção deste modelo de gerador eólico é um pouco mais complexa, devido ao tamanho das hélices e ao sistema de polias para se aumentar a velocidade de rotação do eixo do gerador (motor de corrente contínua de aproximadamente 3 Volts).

Para a demonstração do funcionamento deste gerador, pode-se utilizar o vento produzido por um ventilador comum, de uso doméstico. Nos terminais do gerador, pode-se ligar e fazer funcionar um pequeno rádio portátil de 3 Volts.

#### *Hélices*

São 3 hélices feitas de plástico ou madeira, de aproximadamente 30 cm de comprimento e 5cm de largura e 4mm de espessura, fixadas ao eixo de rotação, em um ângulo próximo de 45 graus com relação à direção do vento.

#### *Sistema de polias*

Para se aumentar a velocidade de rotação do eixo do gerador, foi utilizado um sistema de polias ligadas por uma correia de borracha. No eixo de rotação das hélices foi acoplada uma polia de 6cm de diâmetro; e no eixo do gerador, uma polia de 1cm de diâmetro.

### **Energia eólica 4**

Esta demonstração utiliza a energia cinética do vento para suspender uma pequena massa, enrolando-se um fio no eixo de rotação.

A hélice de diâmetro aproximado de 10cm, pode ser feita utilizando-se vários materiais, tais como folha de flandres ou de alumínio fino (~0,5mm). Ela é fixada em um eixo, passando por um tubo de plástico que é colada em um suporte (garrafa plástica com água).

Na outra extremidade, amarra-se um fio fino que suspende um pequeno peso.

O vento que pode ser produzido por um ventilador ou pelo sopro faz a hélice girar, que, por sua vez enrola o fio preso na outra extremidade, fazendo o peso subir.

## **ANEXO 5**

### **MATERIAIS E PROCEDIMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE MODELO DE PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO.**

#### **MATERIAIS PARA A CONSTRUÇÃO**

O principal componente para a construção é a própria célula solar fotovoltaica.

Ainda não é muito comum de encontrar-se estas células à venda, no mercado, devido ao seu custo e também a sua baixa eficiência de conversão da energia luminosa em energia elétrica.

Porém, pode-se encontrar estas células em algumas lojas de “sucatas” ou de rejeitos de indústrias eletrônicas, comuns na região da rua Santa Ifigênia, no centro de São Paulo.

Por exemplo, uma pequena célula solar de silício amorfo, de aproximadamente 6 x 6 cm, custa em torno de R\$ 10,00.

1. Célula solar fotovoltaica de silício amorfo.
2. Placa de plástico para suporte.
3. Bornes de ligação e fios.
4. Motorzinho elétrico ou radinho de pilha.
5. Lâmpada de 100 W.

#### **PROCEDIMENTOS GERAIS PARA A CONSTRUÇÃO**

1. Fixar a célula solar no plástico, por meio de parafusos ou cola.
2. Ligar os fios nos bornes vermelho e preto.
3. Usar fios com garras tipo “jacaré”, ou pino “banana”, para ligar os bornes do painel solar a um motorzinho elétrico ou a um radinho de pilha (de mesma voltagem gerada pelo painel) para demonstrar o funcionamento.

## ANEXO 6

### ASPECTOS GERAIS DA ILUMINAÇÃO

A iluminação nos dias atuais tornou-se uma necessidade imprescindível. Sem ela, o tráfego noturno seria perigoso ou até impossível, a indústria e o comércio seriam seriamente afetadas, haveria um aumento nas taxas de criminalidade e a vida doméstica seria reduzida ao nível primitivo.

Podemos dar um exemplo da importância da iluminação em locais públicos:

Em 1973/74 quando a Inglaterra se confrontava com uma séria crise energética, a iluminação pública das ruas foi reduzida em 50%.

Essa redução causou um aumento no número de acidentes noturnos, fatais, da ordem de 12%, com um custo adicional de 8 milhões de dólares.

Nesse mesmo período, a economia de energia elétrica foi de apenas 150 mil dólares.<sup>1</sup>

Estima-se que no Brasil, o consumo de energia elétrica para iluminação seja superada apenas pela energia usada nos motores elétricos.

O Balanço Energético Nacional de 1997 mostra que o consumo total de eletricidade no país estava dividido da seguinte forma: setor de comércio e serviços – 13%, setor residencial – 25% e setor industrial – 46%.

Na cidade de São Paulo, a participação da iluminação no consumo de eletricidade no setor residencial chega a 12%, enquanto chega a 60% no setor de comércio e serviços e, no setor industrial, é de apenas 3,3%.

Portanto, podemos estimar que 12 a 17% da energia elétrica consumida no Brasil seja destinada à iluminação, adicionando-se 3,3% da eletricidade, somente para a iluminação pública.

Além do alto consumo de energia, a iluminação demanda uma potência instalada em torno de 8000 MW. Isto, aliado ao fato de que grande parte deste consumo ocorre no período de ponta do sistema elétrico, tem como consequência, uma enorme “retenção” da capacidade geradora.

Por meio de esforços de racionalização e conservação, esta capacidade poderá ser liberada, e investimentos adicionais na construção de novas usinas poderão ser evitados.

### TIPOS DE LÂMPADAS

As lâmpadas elétricas atuais podem ser agrupadas em dois tipos principais: as incandescentes e as de descarga.

#### LÂMPADAS INCANDESCENTES:

A lâmpada incandescente produz luz pelo aquecimento (Efeito Joule) de um filamento devido à passagem de corrente elétrica. Este aumento de temperatura é capaz de produzir radiação no espectro visível.

Embora estas lâmpadas sejam as mais comuns, são também as menos eficientes, encontradas atualmente. Entretanto elas vêm sendo melhoradas, incorporando maior vida média útil e maior eficiência luminosa.

O esquema abaixo mostra a transformação de potência elétrica que ocorre numa lâmpada incandescente comum de 100W.

---

<sup>1</sup> Fonte: Departamento Britânico do Meio Ambiente.

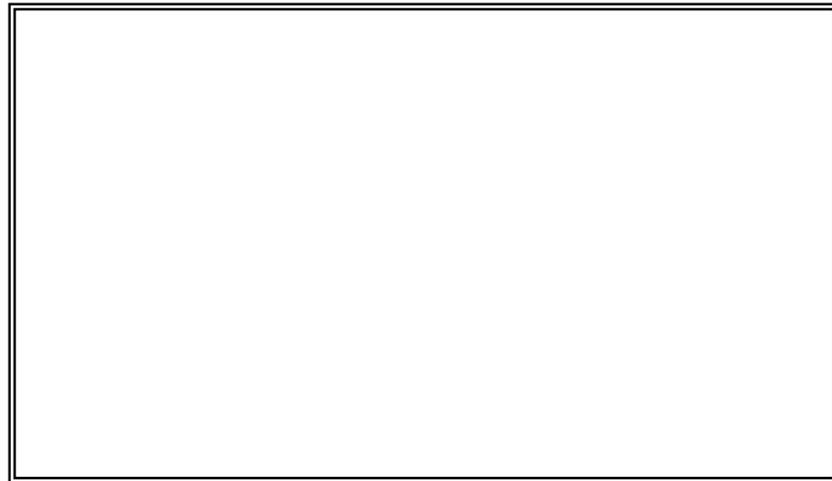


Figura A6. 1 Características de uma lâmpada incandescente

### LÂMPADAS DE DESCARGA

A luz numa lâmpada de descarga é produzida pela passagem de corrente elétrica (descarga elétrica num gás ou vapor ionizado). Esta descarga permite que os elétrons das camadas superiores dos átomos do gás absorvam energia passando a níveis de energia mais elevados.

Entretanto, estes níveis de energia estão em configurações não estáveis e os elétrons tendem a voltar à configuração original nos níveis de energia. Neste retorno, os elétrons emitem radiação visível e ultravioleta invisível, sendo esta última absorvida pelo pó fluorescente do tubo e reemitida na faixa do visível.

O esquema, a seguir, mostra a transformação da potência elétrica que ocorre numa lâmpada de descarga fluorescente comum:

<b><u>LÂMPADA DE DESCARGA (fluorescente comum)</u></b>	
<b>Características:</b>	
•	Tubo cheio de gás, com eletrodos
•	Após a ionização do gás – Descarga – Corrente elétrica
•	Cor / espectro – depende do gás (desexcitam emitindo luz em frequência definida)
•	Os átomos excitados se desexcitam através da emissão de fótons
<b>Entra 36W</b>	
1,2W	Visível
22,5W	Ultravioleta (UV)
8,8W	Visível (Fluorescente)
5,9W	Perdas térmicas nos eletrodos
6,5W	Perdas térmicas na coluna de descarga
0,2W	Ultravioleta (UV)

Figura A6. 2 Características de uma lâmpada de descarga (fluorescente comum)

A seguir, mostramos os vários tipos de lâmpadas existentes no mercado, com as suas características:

#### LÂMPADA INCANDESCENTE, CLARA E LEITOSA

As lâmpadas de bulbo leitoso (fosco) foram criadas para minimizar no efeito ofuscante das incandescentes claras e apresentar uma luz suave e difusa.

#### LÂMPADAS REFLETORAS

São lâmpadas com seu próprio refletor interno, proporcionando luz dirigida. Uma fina camada de alumínio espelhado de altíssima reflectância é aplicada no interior do bulbo por vácuo-metalização servindo como refletor.

#### LÂMPADAS INCANDESCENTES HALÓGENAS

São lâmpadas que contêm elementos halógenos (iodo, flúor, bromo) em sua atmosfera interna que ao serem aquecidos, iniciam o ciclo regenerativo do halógeno. Este ciclo é composto das seguintes etapas:

- o filamento ao operar em alta temperatura, vai evaporando e depositando partículas de tungstênio na parede interna da ampola de vidro;
- a ampola aquece-se e o elemento halógeno evapora-se, combinando quimicamente com as partículas de tungstênio evaporado fazendo então a limpeza da ampola;
- devido às correntes de convecção dentro da ampola, a combinação halógeno + tungstênio toca no filamento que está em alta temperatura e é decomposta. O tungstênio retorna para o filamento e o elemento halógeno é liberado para repetir o processo.

As lâmpadas halógenas possuem:

- maior eficácia luminosa que as incandescentes comuns com mesma potência e vida útil.
- maior temperatura de cor proporcionando uma luz “mais branca” e melhor reprodução de cores;
- menor depreciação do fluxo luminoso já que o ciclo regenerativo evita o enegrecimento do bulbo que ocorre nas lâmpadas comuns.

#### LÂMPADAS INCANDESCENTES HALÓGENAS COM REFLETOR DICRÓICO

Estas lâmpadas apresentam as características das halógenas e mais as vantagens de um refletor multifacetado recoberto com uma película dicróica. Esta película é formada por um filtro químico (dicróico), que permite a reflexão da luz visível e a transmissão para a parte de trás da lâmpada de cerca de 60% da radiação infravermelha (calor). Por isso, o fecho refletido é mais “frio” do que o obtido com as refletoras comuns.

#### LÂMPADAS FLUORESCENTES

É uma lâmpada de descarga de baixa pressão. A luz é predominantemente produzida pelo pó fluorescente (cristais de fósforo) ativado pela radiação ultravioleta da descarga elétrica.

O bulbo tubular contém um eletrodo em cada extremidade e vapor de mercúrio a baixa pressão com uma pequena quantidade de gás inerte para facilitar a partida. O pó fluorescente é que determina a quantidade da luz emitida pela lâmpada.

As lâmpadas fluorescentes necessitam, para o seu funcionamento, de dois equipamentos auxiliares:

- reator: para produzir a sobretensão necessária ao início da descarga e para limitar a corrente. Existem dois tipos: o convencional e o de partida rápida (não necessita “starter”).
- “starter”: para ligar e desligar os eletrodos (em casos de reatores de partida convencional).

#### LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS

É uma lâmpada com tubo de descarga de pequenas dimensões. Tem uma base especial, onde se encontram o “starter” e o capacitor. Ela fornece o mesmo fluxo luminoso de uma incandescente e uma boa reprodução de cores, consumindo cerca de 85% menos energia e com uma vida útil de aproximadamente 8000 horas.

#### LÂMPADAS DE VAPOR DE MERCÚRIO DE ALTA PRESSÃO

Esta lâmpada contém no interior do seu bulbo (semelhante ao da incandescente) eletrodos (principal e auxiliar) que, no momento da ligação, produzem uma luminescência provocando assim a formação de íons e elétrons suficientes para iniciar a descarga elétrica no gás. Esta descarga em alta pressão de mercúrio produz radiação visível e ultravioleta, sendo esta última convertida em luz visível pelo pó fluorescente que recobre internamente o bulbo, aumentando assim a eficácia luminosa da lâmpada. A luminescência é limitada por um resistor e o bulbo externo contém um gás que mantém a temperatura da lâmpada constante, além de servir de proteção para a ampola com mercúrio.

Esta lâmpada tem a característica de possuir uma grande emissão de luz e uma boa eficiência. Outra característica é sua longa vida. Isso, porém, depende das condições de uso, sendo maior se permanecer acesa constantemente.

#### LÂMPADA MISTA

Apesar de esta lâmpada ser de descarga, ela não usa reator podendo ser ligada diretamente à rede. É composta de um pequeno tubo de descarga a vapor de mercúrio, conectado em série com um filamento de tungstênio, ambos encapsulados por um bulbo ovóide recoberto internamente com uma camada de ítrio. O filamento atua como fonte de luz, de cor “quente” e como limitador de corrente em lugar do reator.

Estas lâmpadas podem ser alojadas em luminárias próprias para incandescentes e quando comparadas com elas, têm aproximadamente duas vezes sua eficácia e cinco vezes sua vida útil sem o custo adicional de reatores, fiação ou luminárias.

#### LÂMPADA COM MULTIVAPOR METÁLICO

São lâmpadas de mercúrio a alta pressão em que a radiação é proporcionada por iodeto de índio, tálio e sódio adicionada ao mercúrio (aditivos metálicos para melhorar a eficácia e reprodução de cores). Emitem luz branca-prateada e têm maior eficácia luminosa. Necessitam de reator e ignitor.

#### LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO DE ALTA PRESSÃO

Consiste de um tubo de descarga de óxido de alumínio sintetizado contendo sódio a alta pressão, encapsulado por um bulbo tubular ou ovóide recoberto por uma camada de pó difusor. Depende de sistema externo de ignição embora, para simplificar o seu emprego em substituição às lâmpadas de vapor de mercúrio, alguns modelos dispensem o ignitor. Tem longa vida sendo prolongada quando seu uso é contínuo e altíssima eficácia luminosa sendo a maior dentre as de fonte policromática para uso generalizado.

### LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO DE BAIXA PRESSÃO

Estas lâmpadas são muito eficientes produzindo até 200lm/W. Entretanto, têm uma curva de distribuição espectral monocromática na cor amarela, que distorce totalmente as outras cores. Portanto, é usada em locais onde a reprodução de cores não é importante e onde o reconhecimento por contraste é predominante.

Tabela A6.1 Características de algumas lâmpadas

Tipo de lâmpada	Potência (watts)	Fluxo luminoso (lúmens)	Eficácia luminosa média (lm/W)	Vida média (horas)	vantagens	desvantagens	observação
Incandescente comum	40	470	11,8	1000	iluminação geral e localizada de interiores. Tamanho reduzido e custo baixo	baixa eficácia luminosa e portanto, custo elevado, alta produção de calor e vida média curta	ligação imediata, sem necessidade de dispositivos auxiliares
	60	780	13,0				
	100	1480	14,8				
	150	2360	15,7				
Incandescente econômica	36	410	12,8	1000			
	54	710	14,6				
	67	950	15,8				
	90	1320	16,4				
mista	160	3000	18,8	6000	substituem a lâmpada incandescente normal. Pequeno volume e longa vida média	custo elevado, que porém pode ser amortizado durante o uso; demora de 4 a 5 minutos para a emissão luminosa máxima	não necessita de dispositivos auxiliares e é ligada somente em 220 V
	250	5500	22,0				
	500	13500	27,0				
vapor de mercúrio	80	3500	43,8	15000	boa eficácia luminosa, pequeno volume, longa vida média	custo elevado, que porém pode ser amortizado durante o uso; demora de 4 a 5 minutos para a emissão luminosa máxima	necessita de dispositivos auxiliares (reator) e é ligada somente em 220 V
	125	6000	48,0				
	250	12600	50,4				
	400	22000	55,0				
fluoresc. comum	15	850	56,7	7500 7500 7500 10000	ótima eficácia luminosa e baixo custo de funcionamento, boa reprodução de cores e boa vida média	custo elevado de instalação	necessita de dispositivos auxiliares (reator + "starter" ou somente reator de partida rápida)
	20	1060	53,0				
	30	2000	69,2				
	40	2700	69,4				
fluoresc. compacta	5	250	50,0	5000			
	7	400	57,1				
	9	600	66,7				
	11	900	82,0				
	13	900	69,2				
vapor de sódio de baixa pressão	50	3000	60,0	18000	ótima eficácia luminosa, longa vida útil, baixo custo de funcionamento, dimensões reduzidas, razoável rendimento cromático (luz de cor branco dourado)	custo elevado que é amortizado com o uso. Demora em torno de 5 minutos para a lâmpada atingir 90% do fluxo total.	necessita de dispositivos auxiliares específicos (reator + ignitor) e é ligada em 220V
	70	5500	78,6				
	150	12500	83,3				
	250	26000	104,4				
	400	47500	118,8				

Fonte: ABILUX/88

## UNIDADES FOTOMÉTRICAS

### *Fluxo luminoso*

É o fluxo de energia luminosa emitido em todas as direções por uma fonte no espaço. Exemplo: lâmpada a vapor de mercúrio de 250W produz 12500 lúmens. Lâmpada de vapor de sódio de 250W produz 26000 lúmens.

Energia radiante (joule) =  $J = W \cdot s$   
Fluxo radiante (watts) =  $W = J/s$

Energia luminosa (lúmen . segundo) =  $lm \cdot s$   
Fluxo luminoso (lúmem) =  $lm$

### *Iluminância*

É o fluxo luminoso incidente por uma unidade de área de uma superfície iluminada, medida em lux.

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2$$

Os exemplos abaixo mostram a ordem de grandeza da iluminância em algumas situações:

Tabela A6. 2 Iluminância em algumas situações

Luz das estrelas	0,002 lux
Luar	0,2 lux
Iluminação das ruas	6 a 12 lux
Luz do dia em interiores	500 a 2000 lux
Luz do dia em exteriores	1000 a 20000 lux
Luz do Sol direta	50000 a 100000 lux

### *Eficácia luminosa*

É a relação entre a quantidade de lúmens produzidas por uma lâmpada e a potência (watts) consumidas pela mesma.

Exemplo:

lâmpada de vapor de mercúrio =  $12500 \text{ lúmens} / 250 \text{ watts} = 50 \text{ lm/W}$

lâmpada de vapor de sódio =  $26000 \text{ lúmens} / 250 \text{ watts} = 104 \text{ lm/W}$

Tabela A6. 3 Níveis de iluminância recomendáveis em algumas áreas

FAIXA	ILUMINÂNCIA (lux)	TIPO DE ATIVIDADE
Iluminação geral para áreas usadas ininterruptamente ou com tarefas visuais simples	20	Áreas públicas com arredores escuros
	30	
	50	Orientação simples para permanência curta
	50	
	75	
	100	Recintos não utilizados para trabalho contínuo, depósitos
100		
150		
Iluminação geral para área de trabalho	200	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
	300	
	500	
	500	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	750	
	1000	
1000	Tarefas com requisitos visuais especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas	
1500		
2000		
Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de pequeno tamanho
	3000	
	5000	
	5000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	7500	
	10000	
10000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia	
15000		
20000		

Fonte: Revista "Uso racional de energia elétrica em edificações – ILUMINAÇÃO" – ABILUX – São Paulo, 1992.

## ANEXO 7

### REFRIGERAÇÃO E CONGELAMENTO

#### *FUNÇÃO*

A função principal da refrigeração e congelamento é permitir a *conservação* de alimentos “in natura” ou preparados através da redução da temperatura de armazenagem.

Estes equipamentos destinados a refrigeração e congelamento são relativamente recentes e estão em plena evolução tecnológica.

Podemos dividir as necessidades de frio para conservação de alimentos em quatro classes distintas:

1. Frutas , verduras e legumes - Curto prazo de conservação (1 semana) . A temperatura deve ser de 8 a 10° C e a umidade ambiente, da ordem de 90%. Nas geladeiras, a parte que atende a esta exigência é a parte inferior, geralmente separada por um tampo de vidro e o compartimento em forma de gaveta. Existem modelos comerciais em que esta parte é isolada, tendo acesso através de porta separada.
2. Alimentos pré-cozidos ou crus, carnes, queijos, leite, etc. - Curto prazo de conservação (1 semana). A temperatura deve ser da ordem de 2 a 6°C e, baixa a umidade ambiente (da ordem de 50%).\_ A área que atende a esta exigência é o compartimento médio central.
3. Conservação de alimentos congelados - Curto período (1 a 2 semanas). A temperatura deve ser da ordem de -8°C. Nas geladeiras, a área que atende a esta exigência é a parte superior do evaporador.
4. Conservação de alimentos congelados - Longo período ( até 3 meses). A temperatura ambiente é de aproximadamente -18°C e, praticamente, sem umidade ambiente. As exigências de congelamento nessas temperaturas são atendidas nas geladeiras de duas portas (“duplex”) , no compartimento superior, ou em equipamentos destinados unicamente a esta finalidade (congeladores ou “freezers”).

#### *TECNOLOGIA*

Pode-se dividir o refrigerador em duas partes para efeito de análises: *Gabinete e sistema frigorífico*.

##### *Gabinete*

Fazem parte do gabinete, as portas, as paredes e acessórios. O gabinete deve trocar o mínimo de calor com o ambiente externo, por convecção (nas superfícies interna e externa) e por condução (no interior das paredes e portas).

O uso de isolantes térmicos como lã de vidro e poliuretano, com espessura adequada, reduzem as perdas de calor por condução. Acessórios como lâmpadas, ventiladores e degelo automático geram calor e, conseqüentemente, aumentam a carga térmica.

##### *Sistema frigorífico*

Atualmente os sistemas de refrigeração funcionam, em sua maioria, com ciclos de refrigeração por compressão. Os ciclos de compressão baseiam-se no princípio de um

líquido saturado a alta pressão, que retira calor do meio para se vaporizar, quando sujeito a uma redução de pressão.

Um esquema de um sistema de refrigeração por compressão é ilustrado a seguir:

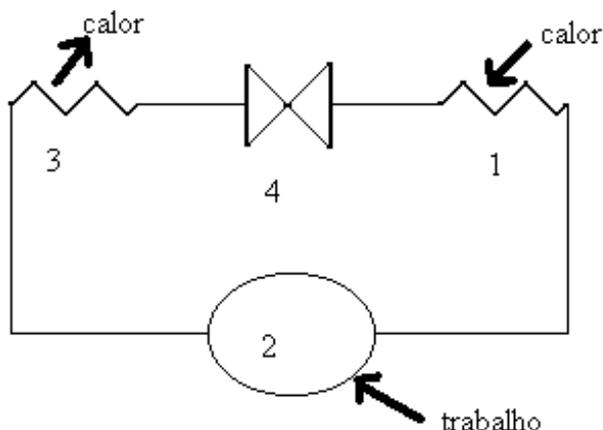


Figura A7. 1 Esquema de um sistema de refrigeração por compressão

1. *Evaporador*: é onde o fluido refrigerante é vaporizado num trocador de calor.
2. *Compressor*: comprime o fluido refrigerante até a sua pressão inicial, levando-o ao estado de vapor saturado a alta pressão.
3. *Condensador*: o vapor saturado passa ao estado de líquido saturado a alta pressão rejeitando energia térmica ao ambiente.
4. *Válvula de expansão*: o fluido (líquido saturado) expande-se, e é promovida a queda de pressão reiniciando o processo.

Os compressores são geralmente baseados no movimento de “vai-e-vem” de um pistão. O COP ou “Coefficient of Performance” é dado pela razão entre a energia térmica retirada do gabinete e a energia fornecida pelo motor ou pela rede elétrica, no caso de conjuntos selados de motor e compressor.

Por exemplo, se o consumo de uma geladeira durante 1 mês for de 50 kWh (eletricidade) e o COP = 1,5 significa que a energia térmica retirada do gabinete é de 75 kWh, ou seja:

$$\text{COP} = \text{calor retirado} / \text{energia consumida}$$

$$\text{calor retirado} = \text{COP} \times \text{energia consumida} = 1,5 \times 50 \text{ kWh} = 75 \text{ kWh}$$

Um compressor pode ser melhorado basicamente por redução de folgas e atritos mecânicos. O motor que aciona o conjunto também pode ter melhorias na redução de atritos e redução de perdas no circuito elétrico (fios) e magnético (correntes parasitas). Concluindo, ao construir-se um refrigerador existem 2 itens principais de projeto a serem considerados para se obter uma redução no consumo de eletricidade: a *espessura* das paredes e portas para melhorar o isolamento térmico e a *eficiência do compressor*.

#### EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS

A eficiência de um equipamento de refrigeração depende de muitas variáveis, dentre as quais, podemos destacar:

- Diferença de temperatura entre o evaporador e o condensador. Como os equipamentos de refrigeração trabalham baseados num ciclo inverso de Carnot, o rendimento é inversamente proporcional a diferença de temperatura entre a fonte quente e a fonte fria.
- Eficiência do compressor frigorífico. Os compressores frigoríficos são fabricados com critérios rigorosos a partir de especificações internacionais. No Brasil, são utilizados compressores nacionais como os fabricados pela Tecunseh e também os importados, limitados em eficiência, como veremos a seguir.

### *LIMITAÇÕES QUE AFETAM A EFICIÊNCIA*

Apesar do domínio da tecnologia, existem limitações que afetam sensivelmente a eficiência dos produtos destinados ao mercado interno.

- *Qualidade da energia elétrica:* Devido a altas variações da voltagem da rede elétrica, os compressores destinados ao mercado nacional são nominalmente projetados, usando motores super-dimensionados, permitindo que operem sob variações de 15% ou mais na voltagem. Isto diminui o rendimento, provocando um aumento no consumo de energia de 5 a 8%. Esta limitação não é contornável, até que haja uma unificação e estabilização da tensão elétrica em escala nacional por parte das distribuidoras de energia elétrica.
- *Poder aquisitivo do consumidor:* Os compressores frigoríficos podem funcionar pelo sistema tradicional de biela e manivela, ou pelo sistema de excêntrico. O sistema tradicional é o mais eficiente apresentando reduzidas perdas por atrito. Porém, trata-se de um sistema mais oneroso, encarecendo o produto em até 20%. Portanto, para diminuir os custos, os compressores destinados ao mercado nacional operam pelo sistema de excêntrico.
- *Isolamento térmico do conjunto e disposição funcional dos componentes:* O terceiro elemento que influencia sensivelmente o consumo é representado pelos critérios técnicos de projeto do aparelho. Para compreendermos melhor o problema, dividimos os aparelhos de refrigeração em 3 classes distintas:
  1. *Geladeira tradicional (evaporador a  $-8^{\circ}\text{C}$  e área de conservação a  $+4^{\circ}\text{C}$ )*
  2. *Congelador ou “freezer” (evaporador a  $-22^{\circ}\text{C}$  e área de conservação a  $-18^{\circ}\text{C}$ )*
  3. *Geladeira combinada ou “duplex” (congelador + geladeira)*

Na geladeira tradicional e no “freezer” o consumo é determinado por 3 variáveis: temperatura de expansão do compressor, critérios de projeto e nível de isolamento.

#### *Geladeira tradicional*

Fixada a temperatura de expansão do compressor, a principal variável que afeta o consumo é o isolamento térmico. Atualmente, a grande maioria das geladeiras de fabricação nacional (mais de 80%) usam poliuretano para isolamento das paredes e porta, em substituição a lã de vidro.

Conforme próprias declarações dos fabricantes, a geladeira “cresceu por dentro”, sem maiores preocupações quanto à melhoria de isolamento.

Melhorias no isolamento poderiam proporcionar uma redução de energia de até 20% e poderiam ser facilmente implantadas pelos fabricantes. Entretanto, a redução nos espaços domésticos e campanhas ligadas a uma imagem positiva com respeito à pequena espessura das paredes são uma barreira para o lançamento de geladeiras mais eficientes neste aspecto. Em geral, o consumidor opta por uma geladeira que seja “pequena” por fora e “grande” por dentro.

### Congelador ou “freezer”

No caso do congelador ou “freezer”, além dos critérios de projeto adotados na geladeira, existe um segundo elemento a ser levado em conta: os modelos vertical ou horizontal e o tipo de área de armazenamento.

Os primeiros modelos de congeladores no Brasil foram do tipo horizontal, similares aos conservadores de sorvete. Na abertura da porta, este modelo reduz perda de frio em até 25% comparado com o modelo vertical.

No entanto, a linha de “freezers” mais aceita no mercado para uso doméstico é o da linha vertical devido à praticidade quanto à armazenagem e à retirada dos alimentos, além de ocupar menor área de instalação.

Houve melhorias para diminuição do consumo de energia em congeladores verticais, com a introdução de proteções frontais que diminuem a entrada de calor, quando da abertura da porta. A maioria dos modelos existentes no mercado já apresentam esta proteção, seja com a colocação de gavetas extraíveis seja com portinholas individuais na frente de cada prateleira.

### Geladeira “dúplex” ou combinada

A geladeira combinada é um produto tecnicamente mais complexo por incorporar, num mesmo aparelho, uma geladeira e um “freezer”. Ele incorpora características que geram maior consumo de energia, como o degelo automático e a eliminação de pontos de condensação, que exigem a instalação de resistências elétricas no compartimento de armazenamento. Estas resistências geram um consumo maior de energia pela passagem de corrente elétrica na própria resistência e pela retirada do calor produzido por ela, provocando maior consumo de energia pelo compressor frigorífico.

Conforme o modelo da geladeira combinada, existem quatro possíveis pontos nos quais podem ser instaladas resistências:

1. Resistência de 8 a 10 W instalada entre o evaporador do congelador e o evaporador da geladeira. Dificilmente esta resistência pode ser eliminada, pois faz parte funcional do equipamento.
2. Resistência de 8 a 10 W ligada ao evaporador da geladeira, cuja finalidade é determinar o derretimento do gelo formado na fase de evaporação. Este acessório é indispensável para evitar o descongelamento periódico manual exigido pelas geladeiras tradicionais. Apesar de proporcionar um consumo maior de energia, este descongelamento assegura uma maior eficiência do ciclo frigorífico por evitar o efeito isolante do gelo depositado sobre o evaporador. Portanto, dentro do balanço energético global da geladeira, esta resistência poderá até diminuir o consumo de energia.
3. Resistência de 10 W na separação entre o congelador e a geladeira. Geralmente esta resistência é instalada quando a espessura de isolamento for insuficiente. Esta resistência é instalada para aumentar a temperatura da divisão evitando a condensação no teto interno da geladeira. A instalação desta resistência pode ser evitada aumentando-se a espessura do isolamento entre o congelador e a geladeira.
4. Duas resistências de 8 W distribuídas nas paredes externas da geladeira, cuja finalidade é evitar a condensação nas paredes externas, especialmente nas estações úmidas. O aumento do isolamento das paredes seria suficiente para eliminar esta resistência.

De uma forma global, se somarmos todas as resistências introduzidas nas geladeiras “dúplex”, podemos determinar um aumento de consumo entre 20 e 60 Wh. Como estas resistências ficam ligadas constantemente, o acréscimo de consumo anual poderá variar entre 175 e 525 kWh/ano, o que representa aproximadamente um consumo anual de uma geladeira tradicional de tamanho médio.

Outros itens que afetam o consumo de energia são os *critérios de uso*, que podem ser divididos em 3 pontos:

- Condições de instalação
  - Modo de armazenagem dos alimentos
  - Tipo de manutenção
- 
- *Condições de instalação:* um refrigerador em condições não apropriadas de instalação pode consumir até 20% a mais de energia, além de abreviar a vida útil do equipamento. Por exemplo, a pouca ventilação da área do condensador, se instalado entre móveis suspensos, ou colocados perto de fontes de calor, tais como forno, fogão ou locais de muita insolação.
  - *Modo de armazenamento dos alimentos:* O consumo de energia do refrigerador pode ser afetado em função do modo de uso e podemos resumir em 5 pontos: 1) temperatura dos alimentos colocados na geladeira; 2) líquidos em compartimentos abertos que facilitem a evaporação no interior da geladeira; 3) verduras, frutas e legumes fora do compartimento inferior, abaixo do tampo de vidro; 4) distribuição da carga, de modo a facilitar a circulação natural de ar - convecção; 5) frequência da abertura das portas, em que todo o ar frio da geladeira sai, dando lugar ao ar quente do ambiente que entra. Além disso, se a umidade do ar externo estiver alta, haverá maior formação de gelo no evaporador.
  - *Cuidados operacionais:* Em termos de manutenção por parte do usuário, existem duas operações importantes para o bom funcionamento de um refrigerador: 1) descongelamento periódico; 2) limpeza do condensador. A formação de gelo no evaporador provoca uma redução no índice de transferência de calor, pois o gelo funciona como um bom isolante térmico. Por exemplo, uma camada de gelo de 0,5 cm no evaporador pode determinar um aumento de consumo de energia de até 25%. Existem hoje, no mercado, modelos com descongelamento automático a cada fim do ciclo frigorífico, que apesar de determinar um acréscimo no consumo de energia para o descongelamento, pode até permitir uma redução no gasto de energia total. Quanto à limpeza periódica do condensador, também representa um elemento importante para a eficiência do equipamento. A gordura e a poeira que se depositam no condensador, formam uma camada de isolante térmico, reduzindo o índice de transferência de calor, elevando a temperatura de condensação.

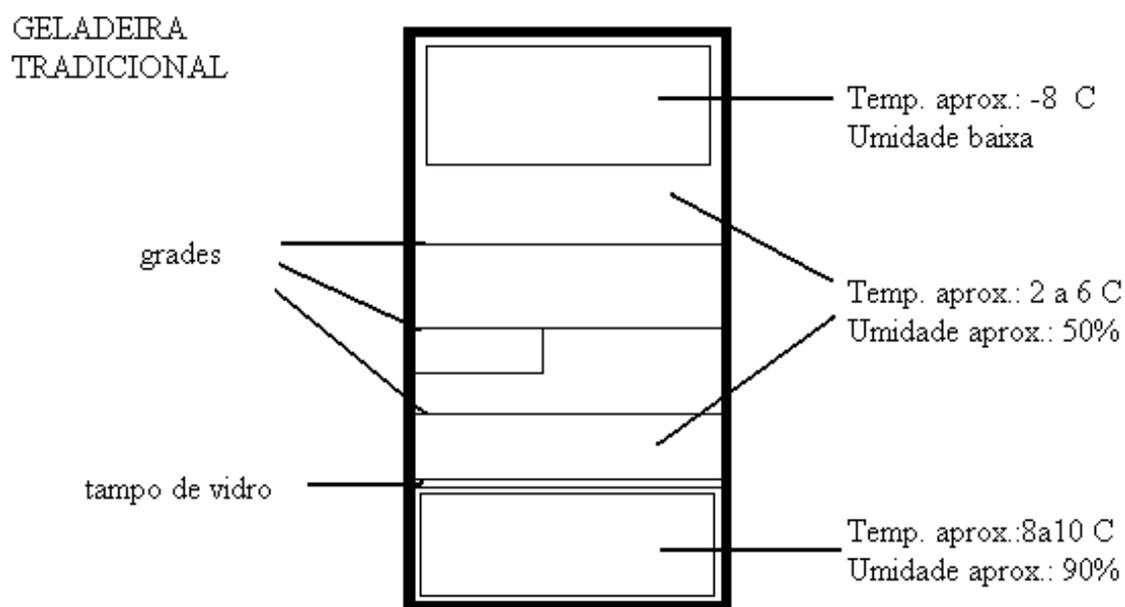


Figura A7. 2 Esquema do gabinete de uma geladeira

“FREEZER” OU CONGELADOR: Temp. aprox.: - 18 C

GELADEIRA “DÚPLEX” OU COMBINADA: Geladeira tradicional + “Freezer”

### *PERDAS TÉRMICAS DA GELADEIRA*

Podemos dividir as perdas térmicas de uma geladeira, em três aspectos principais:

- Isolamento térmico das paredes
- carga térmica dos alimentos
- abertura e fechamento da porta

### *ISOLAMENTO TÉRMICO DAS PAREDES*

Existem estudos feitos com geladeiras para estimar-se as perdas de calor por condução pelas paredes que dependem basicamente da espessura do isolamento térmico.

A seguir, a tabela mostra a perda de energia térmica mensal em kWh em função da espessura das paredes, considerando ensaios com uma geladeira de 145 cm de altura, 50 cm de largura e 40 cm de profundidade, área de 3,01 m<sup>2</sup> e diferença de temperatura interna e externa de 25<sup>0</sup>C, e condutividade de 0,025.

Tabela A7. 1 Perda térmica mensal em função da espessura das paredes de uma geladeira

Espessura das paredes ( cm)	Perda térmica mensal (kWh)
2	66,86
2,5	55,13
3	46,90
4	36,12
5	29,37
6	24,74
7	21,38
10	15,18
15	10,24
20	7,72
30	5,18
50	3,12
70	2,23
100	1,57

Por exemplo, uma geladeira com 3 cm de parede, deixa passar 46,90 kWh por mês, enquanto uma outra geladeira com 1 metro de espessura de paredes, perde apenas 1,57 kWh por mês.

## ANEXO 8

### CALOR LATENTE DE VAPORIZAÇÃO

#### ■ *A evaporação absorve calor*

Podemos observar a absorção de calor através da evaporação, por exemplo, quando derramamos álcool nas mãos. A evaporação do álcool causa em nós a sensação de frio. Se usarmos clorofórmio (líquido mais volátil), o frio produzido pode até provocar insensibilidade da parte do corpo onde passamos o líquido. Esta propriedade era utilizada nas operações cirúrgicas, como anestesia.

Podemos citar outros exemplos do frio produzido pela evaporação:

- O frio que sentimos quando saímos do banho com o corpo molhado;
- O resfriamento da atmosfera após uma chuva no verão provém da rápida evaporação da água que caiu, pois o solo e o ar ambiente fornecem calor para esta evaporação;
- A evaporação do suor dá-se através da retirada de calor do próprio corpo regulando a temperatura dos animais de sangue quente;
- Os filtros de cerâmica porosa permitem a evaporação da água pelas paredes dos mesmos, retirando calor do líquido, conservando-o mais “fresco”, ou conservando a água mais fresca.
- As geladeiras, “freezers” e aparelhos de ar condicionado são exemplos de frio produzido pela evaporação e expansão de líquidos voláteis.

Enfim, como a água ocupa  $\frac{3}{4}$  da superfície do globo, podemos verificar o papel importante que ela desempenha na regulação dos climas.

Reciprocamente, assim como a evaporação absorve calor, a condensação fornece calor. Portanto, a evaporação pode ser empregada como *fonte de frio* e a condensação como *fonte de calor*.

### CALOR LATENTE DE VAPORIZAÇÃO

Chama-se *calor latente de vaporização* ( $L$ ) de um líquido a  $T$  °C, a quantidade de calor absorvido pela unidade de massa do líquido para transformar-se em vapor saturante, a  $T$  °C.

O calor latente de vaporização da água a 100 °C é 537 cal/g. Isto quer dizer que 1 g de água a 100 °C exige 537 calorias para transformar-se em 1g de vapor saturante a 100 °C. O calor de liquefação tem o mesmo valor numérico do calor de vaporização, ou seja, a quantidade de calor desprendido pela unidade de massa do vapor para transformar-se em líquido, à mesma temperatura.

Cada substância tem seu calor de vaporização. Como exemplo, a Tabela A8. 1 mostra o calor de vaporização e o ponto de ebulição normal de algumas substâncias:

Tabela A8. 1 Calor de vaporização e ponto de ebulição normal de algumas substâncias

Substância	L (cal/g)	T (°C)
Iodo	24	185
Bromo	44	59
Clorofórmio	61	61
Mercúrio	77	357
Sulfeto de Carbono	85	46
Éter sulfúrico	90	35,5
Benzina	92	81
Álcool	206	78,3
Amoníaco	259	-35
Água	537	100

Para todos os líquidos, o calor de vaporização decresce com o aumento da temperatura. Por exemplo, até 200<sup>0</sup>C o calor de vaporização da água é dado pela fórmula:

$$L = 606,5 - 0,695 t$$

Segundo esta fórmula, para uma temperatura de 60<sup>0</sup>C, o calor de vaporização L vale:  
 $L = 606,5 - 0,695 \times 60 = 564,8 \text{ cal/g}$ .

A água é a substância que tem o maior calor de vaporização. Ela tem também o maior calor de fusão ( 80 cal/g) e o maior calor específico.

Portanto, é a substância que absorve maior quantidade de calor para fundir-se, aquecer-se e vaporizar-se.

### CRIÓFORO DE WOLLASTON

Trata-se de um tubo de vidro recurvado cujas extremidades são pequenos reservatórios contendo água e com ausência de ar em seu interior, portanto, apenas água e vapor d'água.

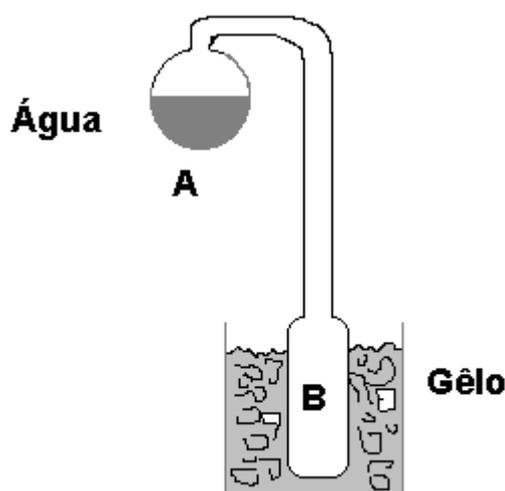


Figura A8. 1 Crióforo de Wollaston

Mergulha-se a extremidade B no gelo. Como as paredes do tubo de vidro são finas, o reservatório B se resfria, condensando o vapor d'água. Esta condensação faz diminuir ainda mais a pressão, fazendo com que a água em A se vaporize condensando-se novamente em B, até que toda a água de A passe para B.

A vaporização da água absorve calor da água de A, que se resfria. Podemos verificar este efeito colocando as mãos na extremidade A, ou observando a condensação da água do ambiente na sua superfície externa.

### “EBULIDOR DE FRANKLIN”

O “Ebulidor de Franklin” ou “Ebulioscópio” ou mais conhecido como “tesômetro”, é um instrumento constituído de uma ampola de vidro contendo um líquido volátil (álcool, clorofórmio, éter, etc.), que se fez ferver antes de fechar, a fim de retirar-se o ar de seu interior.

Quando seguramos a parte inferior da ampola, o calor da mão aumenta a temperatura e com isso aumenta a pressão do vapor que “empurra” o líquido para cima. Portanto, quanto mais quente estiver a mão, mais rápido o líquido irá subir.

Ao segurarmos a ampola por várias vezes seguidas, estaremos aquecendo-a por inteiro, estabelecendo um equilíbrio térmico e, portanto, o líquido não irá mais subir, ou o fará muito lentamente. Para que o líquido suba mais rapidamente, podemos resfriá-lo, por exemplo, mergulhando-o totalmente em água fria. Portanto, para o “tesômetro” funcionar, é necessário que haja uma diferença de temperatura (e, com isso, uma diferença de pressão) entre a parte de baixo e a parte de cima. Se a parte inferior estiver mais quente, o líquido irá subir e, se a parte superior estiver mais quente, o líquido irá descer.

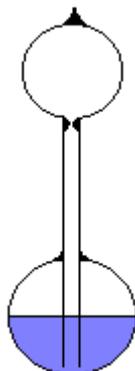


Figura A8. 2 Ebulidor de Franklin ou "tesômetro"

Existe uma outra maneira de fazer com que o líquido suba sem segurarmos a parte de baixo da ampola: basta resfriarmos a parte de cima, por exemplo, umedecendo com água ou álcool, somente a parte superior do “tesômetro”. A evaporação absorve calor diminuindo a temperatura e, com isto, diminuindo a pressão da parte superior fazendo o líquido subir.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ABILUX, Associação Brasileira da Indústria da Iluminação. *Uso Racional de Energia Elétrica Em Edificação – Iluminação*. Publicado pela Abilux, 1992. 2ª ed. 44p.
- 2) ÁLVARES, Beatriz Alvarenga & LUZ, Máximo Ribeiro da. *Curso de Física*. Harper & Row do Brasil, 1979. . vol. 1, 2 e 3
- 3) BRANCO, C. *Energia elétrica e capital estrangeiro no Brasil*. São Paulo, Alfa Ômega, 1975.
- 4) BRANCO, Samuel Murgel. *Energia e meio ambiente*. São Paulo,. Ed. Moderna, 1997. 100p.
- 5) BRANCO, Samuel Murgel. *O desafio amazônico*. São Paulo, Ed. Moderna, 1989.
- 6) COMISSÃO Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Nosso futuro comum*. São Paulo Ed. da Fundação Getúlio Vargas, 1998.
- 7) CONPET, Programa nacional da racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural. Apostila do projeto “O Conpet na Escola” – *Os combustíveis e a racionalização de seu consumo*. 82p.
- 8) DEBEIR, DELÉAGE e HÉMERY, *Uma história da Energia*. Tradução, atualização e notas de Sérgio de Salvo Brito. Ed. Universidade de Brasília, 1993. Tradução de: Les servitudes de la puissance: une histoire de l'énergie. 444p.
- 9) D. HALLIDAY, R. RESNICK E K. S. KRANE *FÍSICA 1,2,3 e 4.*, 4.ed. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 1994.
- 10) FAZENDA, I.C. *Integração e Interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia*. Coleção "Realidade educacional". São Paulo. Ed. Loyola., 1993.
- 11) FELTRE, R. *Química. Vol.1 e 2*. 3ª edição. São Paulo. Ed. Moderna, 1990.
- 12) FERREIRA, Osmar Campos. *Análise Energética de Sistemas de Produção Agrícola*. Revista Economia & Energia. Ano III - N. 12. Janeiro/Fevereiro 1999.
- 13) FOUNDATION, The Thomas Alva Edison. *The Thomas Edison Book of Easy and Incredible Experiments*. USA. Wiley – John Wiley & Sons, Inc.,.146p.
- 14) GOLDEMBERG, José. *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*. Tradução de André Koch. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1998. 235p. Título original em inglês: *Energy, Enviroment & Development*.
- 15) GOLDEMBERG, José. *Energia Nuclear: Vale a pena?*. São Paulo, Ed. Scipione, 1997. 48p.

- 16) *HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS*, 56<sup>th</sup> edition, CRC Press, 1976.
- 17) JAPIASSU, H. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro, Imago, , 1976.
- 18) JWCA, *O consumo de energia na cidade de São Paulo - setor residencial*, São Paulo, 1986.
- 19) KOCHKIN, N. I. e CHIRKÉVITCH, M. G.. *Prontuário de Física Elementar*. Ed. MIR, 1986. Traduzido do russo por Marina Krotrítsna. 296p.
- 20) LA ROVERE, Emílio Lèbre. ROSA, Luis Pinguelli. RODRIGUES, Adriano Pires. *Economia e Tecnologia da Energia*. Ed. Marco Zero/FINEP, 1985.
- 21) LAMBERTS, Roberto. DUTRA, Luciano. PEREIRA, Fernando O. R.. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo, PW, 1997. 188p.
- 22) LYNDE, John Carleton. *Science Experiences with home equipment*. Pennsylvania, International Textbook Company, 1949. 230p.
- 23) MARISTAS, Irmãos. *Física - Primeira, Segunda e Terceira séries do curso colegial*. 9.ed. São Paulo, Ed. Coleção F.T.D., 1965. 9<sup>a</sup> ed. 591p.
- 24) M.A.L. Maritin, *Saúde Ocupacional e Segurança*. Vol. XXI/2, 1986.
- 25) McMULLAN, J.T. e colaboradores. *Recursos energéticos*. Ed. Blume, 1981.
- 26) NEIVA, Jucy. *Conheça o petróleo*. 6<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro, Ed. Expressão e Cultura, 1993.
- 27) NETO, Aníbal Fonseca de Figueiredo. *A Física, o Lúdico e a Ciência no 1. Grau*. São Paulo, 1988. Dissertação (Mestrado na área de ensino de Física). Instituto de Física / Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo. 262p.
- 28) NUSSENZVEIG, Herch Moysés. *Curso de Física Básica v.1*. 3<sup>a</sup> ed São Paulo. Ed. Edgard Blucher, 1996. 338p.
- 29) PEÑA, M. H. R. *O ensino de física para ciências da vida*. São Paulo, 1996. Dissertação (Mestrado em ensino de ciências). Instituto de Física - Universidade de São Paulo.
- 30) PHILIPS, iluminação. Revista: *Benefícios de uma boa iluminação*. 19p.
- 31) PHILIPS, Philips Lighting Division. *Manual de Iluminação*. 3. ed. Eindhoven, Holanda, 1981. 319p.
- 32) RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO. *Os fundamentos da física*. 5. ed. São Paulo, 1991. vol. 2. Ed. Moderna,. 420p.

- 33) RESNICK, Robert e David Halliday. *Física 1*. 2.ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.,. 759p.
- 34) ROSA, Luiz Pinguelli (org). *Energia e Crise*. Petrópolis RJ, Ed. Vozes, 1984. 197p.
- 35) SAUER, Ildo Luis et al.. *Métodos de análise energética a partir dos usos finais - Programa de exercícios*. In: Workshop (ENE 715). São Paulo, IEE-USP, 1994.
- 36) SUPER INTERESSANTE. São Paulo: *10 anos de revista em um CD-Rom*, Ed. Abril, 1997.
- 37) SAAD, Fuad Daher. *Análise do Projeto FAI – Uma proposta de um curso de física auto-instrutivo para o 2. Grau*. São Paulo, 1977. Dissertação ( Mestrado em Ensino de Ciências – modalidade Física). Instituto de Física / Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo.140p.
- 38) SEARS, Francis Weston & ZEMANSKY, Mark W. Trad. Prof. José de Lima Accioli. *Física* Rio de Janeiro, Ed. Livros técnicos e científicos. 1979. vol. 3. 685p.
- 39) URONE, Paul Peter. *Physics with science applications*. John Wiley & Sons, Inc.,1986.
- 40) VUOLO, José Henrique. Apostila - *Complementos de Física Experimental ( 1ª parte)*. Publicação - IFUSP, 1997.
- 41) VUOLO, José Henrique. Apostila - *Visão Humana*. 2ª edição. Publicação IFUSP, 1999.

INTERNET:

- 1) <http://www.mec.gov.br/>
- 2) <http://www.mme.gov.br/>
- 3) [http://www.eletrobras.gov.br/procel/index\\_java.htm](http://www.eletrobras.gov.br/procel/index_java.htm)
- 4) <http://www.sciencedirect.com/>
- 5) <HTTP://WWW.PETROBRAS.COM.BR/>
- 6) <http://www.energy.ca.gov/education/index.html>
- 7) <http://www.ase.org/educators/lessons/index.htm>
- 8) <http://www.probe.br/>
- 9) <http://www.itaipu.gov.br/>
- 10) <http://www.redegoverno.gov.br/>

- 11) <http://www.cesp.com.br/>
- 12) <http://www.energia.sp.gov.br/>
- 13) <http://www.furnas.gov.br/>
- 14) <http://www.ecen.com/>
- 15) <http://bve.cibec.inep.gov.br/>
- 16) <http://www.ambiente.sp.gov.br/>
- 17) <http://www.sandia.gov/ESTEEM/home.html>
- 18) <http://www.doe.gov/EnergyFiles/>
- 19) <http://www.doe.gov/bridge/home.html>
- 20) <http://www.eevl.ac.uk/>
- 21) <http://www.strath.ac.uk/Departments/ESRU/publications/index.htm>
- 22) <http://www.eren.doe.gov/hydrogen/infonet.html>
- 23) <http://www.doe.gov/cgi-bin/phvlisting>
- 24) <http://www.brasilenergia.com.br/>
- 25) <http://www.aga.org/magazine/april99/index.html>
- 26) <http://www.awea.org/wew/index.html>
- 27) <http://caddet-ee.org/newsletter.htm>
- 28) <http://www.insidecom.co.uk/eibi/>
- 29) <http://www.elsevier.com/inca/publications/store/3/0/4/1/4/>
- 30) [http://www.epri.com/EPRI\\_Journal/index.html](http://www.epri.com/EPRI_Journal/index.html)
- 31) <http://www.elsevier.com/inca/publications/store/3/2/9/>
- 32) <http://www.emml.com/JOURNAL/index.html>
- 33) <http://www.awea.org/pubs/factsheets.html>
- 34) <http://windpower-monthly.com>

- 35) <http://www.naseo.org/sites/linksPeriodicals.htm>
- 36) <http://www.awea.org/pubs/handouts.html>
- 37) <http://www.scotent.co.uk/clusters/enogd.htm>
- 38) [http://www.netins.net/showcase/s\\_energy/journals.htm](http://www.netins.net/showcase/s_energy/journals.htm)
- 39) <http://www.awea.org/tech/index.html>
- 40) <http://www.prossiga.br/cnencin/bvenergia/>
- 41) <http://www.cnen.gov.br/>
- 42) <http://www.moderna.com.br/>