



**Governo do Estado de São Paulo
Universidade Estadual Paulista**

FACULDADE DE ENGENHARIA DO CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

***Desenvolvimento de um Modelo Educacional
Para a Conservação de Energia***

RUBENS ALVES DIAS

**PUBLICAÇÃO
215**

GUARATINGUETÁ – SP

BRASIL

RUBENS ALVES DIAS

DESENVOLVIMENTO DE UM
MODELO EDUCACIONAL PARA A
CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica na área de Transmissão e Conversão de Energia.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri

Co-orientador: Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos

Guaratinguetá
2003

Dias, Rubens Alves

D541 Desenvolvimento de um modelo educacional para a conservação de energia / Rubens Alves Dias . – Guaratinguetá : [s.n.], 2003
130f. : il.

Bibliografia: f. 93-99

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2003

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri

1. Uso racional da energia, educação em energia. 2. Planejamento energético. I. Título

CDU 536.72(043)

**“DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO EDUCACIONAL
PARA A CONSERVAÇÃO DE ENERGIA”**

RUBENS ALVES DIAS

**ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

**ESPECIALIDADE: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TRANSMISSÃO E CONVERSÃO DE ENERGIA**

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

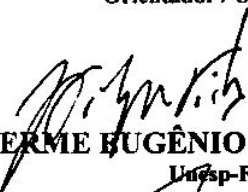


Prof. Dr. José Luz Silveira
Coordenador


BANCA EXAMINADORA:



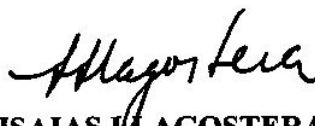
Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO PERRELLA BALESTIERI
Orientador / Unesp-FEG



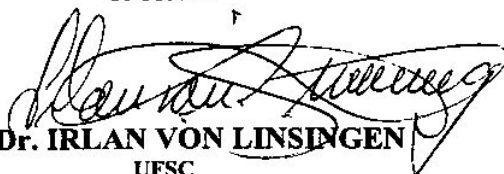
Prof. Dr. GUILHERME EUGÊNIO FILIPPO FERNANDES FILHO
Unesp-FEG



Prof. Dr. JÂNIO ITIRO AKAMATSU
Unesp-FEG



Prof. Dr. JORGE ISAIAS LAGOSTERA BELTRAN
UNICAMP



Prof. Dr. IRLAN VON LINSINGEN
UFSC

Junho de 2003

DADOS CURRICULARES

RUBENS ALVES DIAS

Formação

- 1997 – 1999** **UNESP – CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA
Área de Concentração em Transmissão e Conversão de Energia
- 1988 – 1992** **UNESP – CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**
ENGENHARIA ELÉTRICA
- 1983 – 1986** **ETESG GUARACY SILVEIRA**
TÉCNICO EM ELETRÔNICA

Atividades profissionais

SPAIPA S.A. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE BEBIDAS – COCA-COLA
SUPERVISOR INDUSTRIAL – Fev. 1996 a Mar. 1997
COORDENADOR DE MANUTENÇÃO – Mar. 1994 a Fev. 1996

SINC DO BRASIL
ENGENHEIRO DE MANUTENÇÃO – Mai. 1993 a Dez. 1993

Prêmio

XVI Seminário Nacional de Produção Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE)
Primeiro lugar na Seção Técnica Especial de Conservação de Energia Elétrica (SCE)
“Discussão de critérios para o desenvolvimento de um modelo educacional voltado à conservação de energia” – Out. 2001

ao meu filho Matheus e à minha esposa Cláudia, pois sempre foram fonte de esperança diante dessa grande escola conhecida como vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela Sua presença em todos os momentos da minha vida, concedendo-me paciência, tranquilidade e confiança,

aos meus pais Rubens e Terezinha, que apesar da distância, sempre estiveram ao meu lado,

ao meu orientador e irmão de coração, José Antônio Perrella Balestieri, e à sua esposa, Ieda Maria Siggelkow de Almeida Perrella, pela amizade e apoio desta jornada,

ao meu co-orientador, Cristiano Rodrigues de Mattos, o qual iniciou-me no desafiante caminho da valorização da Educação,

à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo seu apoio ao desenvolvimento científico,

aos meus professores, pela dedicação e competência na condução das idéias através da convicção de um ensino com qualidade,

aos meus companheiros de grupo de pesquisa, Holanda, Mário, Alexandre e mais recentemente Manfredini e Zilmara, pelo verdadeiro espírito de equipe,

aos demais colegas da pós-graduação, não se esquecendo daqueles que já estiveram entre nós, pelos momentos vivenciados ao longo destes anos,

aos professores que participaram no curso “O uso racional da energia: ensino e cidadania”,

à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá e todos os seus colaboradores, aos quais dedico o meu profundo respeito, pois aqui encontra-se parte da minha história.

Este trabalho contou com apoio das seguintes entidades:

- Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo – FAPESP – através do processo nº 99/05499-4
- BASF S.A.

Mas aquele que recebe a semente em uma boa terra é aquele que escuta a palavra, que lhe presta a atenção e dá fruto, e rende cento, ou sessenta ou trinta por um.

São Mateus, capítulo XIII, v. de 18 a 23

DIAS, R. A. **Desenvolvimento de um modelo educacional para a conservação de energia**. 2003. 130f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

RESUMO

As iniciativas destinadas ao uso racional da energia, em virtude da característica integradora de conceitos desse tema, revelam-se tanto nas ações mais elementares, como a eliminação do desperdício, quanto nas análises mais rebuscadas, envolvendo estudos técnico-econômicos para a escolha de uma determinada intervenção. Nesse leque de opções, a educação é um elemento sempre lembrado e tido como condição de significativa importância para levar adiante a mudança de valores dos consumidores de energia em prol da economia de recursos naturais e de capital. Todavia, a abordagem educacional do uso racional da energia, apesar das iniciativas pioneiras, necessita ser focalizada no indivíduo, no que se refere aos processos afetivos e cognitivos, para posteriormente agregar as informações de caráter técnico, visando-se o incentivo à ação social. Para esse desenvolvimento, além dos estudos oriundos das atividades do setor energético, agregaram-se informações de domínio da psicologia e da educação, balizando-se pela legislação vigente e pelos critérios paramétricos da educação no Brasil. A característica transversal do tema, através do ensino contextualizado, cria condições favoráveis à construção do conhecimento a respeito da energia e seu uso e, portanto, tem potencial de promover o desenvolvimento sustentável pela cidadania. O presente modelo educacional para a conservação da energia tem o objetivo de contribuir com o setor energético visando sistematizar os conteúdos nos ensinos fundamental, médio e superior a partir de ferramentas efetivas para os processos de ensino-aprendizagem, auxiliando os educadores desses segmentos no planejamento do ensino.

PALAVRAS-CHAVE: Conservação de energia, ensino para a cidadania, educação.

DIAS, R. A. **Development of an educational model to the energy conservation.** 2003. 130f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

ABSTRACT

The initiatives aimed to energy conservation, due to its integrating characteristics, conduct many actions, since the energy waste elimination to the most sophisticated tool of intervention, as viability studies. In this range of options, the education always is remembered, because it is an important way to get the change of human values in a favor to save natural resources and capital. However, the educational broach of rational energy use, in spite of pioneering actions, needs to be person focused, relatively to the affective and cognitive process, to aggregate subsequently the technical information, looking for the social actions. For this development, beyond studies with origin in energy sector, information of psychology and educational domain was considered, aligning with present Brazilian legislation and educational parametric criteria. The transverse characteristic of this topic, by a contextualized teaching, create favorable conditions to knowledge build in relation to energy and its consumption and, hence, it has potential to promote the sustainable development by citizenship. The present educational model to the energy conservation has the objective to contribute with energy sector, in direction to systematize the contents at fundamental, middle and superior educational levels, starting from effective tools in teaching and learning process, helping teachers in these segments at teach planning.

KEYWORDS: Energy conservation, teaching for citizenship, education.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

1	A SISTEMATIZAÇÃO DO ENSINO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	17
1.1	INTRODUÇÃO	17
1.2	<i>AS JUSTIFICATIVAS PARA O MODELO EDUCACIONAL</i>	17
1.3	<i>DESENVOLVIMENTO DA TESE</i>	19
2	A ENERGIA E O DESENVOLVIMENTO SÓCIO-ECONÔMICO	21
2.1	INTRODUÇÃO	21
2.2	A PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA NA EVOLUÇÃO HUMANA	21
2.3	INDICADORES SÓCIO-ECONÔMICOS E O USO ENERGÉTICO	26
2.4	O MODELO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO MUNDIAL	29
2.5	CONSEQÜÊNCIAS DO MODELO DE DESENVOLVIMENTO MUNDIAL	31
2.6	OS LIMITES DA CONSCIÊNCIA ENERGÉTICA	34
3	OS PROGRAMAS DE USO RACIONAL DE ENERGIA	36
3.1	INTRODUÇÃO	36
3.2	O CONCEITO DE USO RACIONAL DE ENERGIA	36
3.3	OS PROGRAMAS DE USO RACIONAL DE ENERGIA	38
3.3.1	O uso racional da energia no Brasil	43
3.4	ASPECTOS EDUCACIONAIS NO USO DA ENERGIA	46
4	A APRENDIZAGEM NO CONTEXTO DO USO DA ENERGIA	51
4.1	INTRODUÇÃO	51
4.1	ALGUNS ASPECTOS DO COMPORTAMENTO HUMANO	51
4.3	O COMPORTAMENTO HUMANO E O USO RACIONAL DA ENERGIA	53
4.4	A APRENDIZAGEM SÓCIO-CULTURAL NO CONTEXTO DO USO DA ENERGIA	57

5	MODELO EDUCACIONAL PARA O USO RACIONAL DA ENERGIA	63
5.1	INTRODUÇÃO	63
5.2	A CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA ATRAVÉS DA EDUCAÇÃO EM ENERGIA	63
5.3	MODELO EDUCACIONAL	65
5.3.1	Ensino fundamental e médio	66
5.3.2	Ensino superior	75
6	APLICAÇÃO DO MODELO EDUCACIONAL	79
6.1	INTRODUÇÃO	79
6.2	MATERIAIS E MÉTODOS	79
6.3	DESENVOLVIMENTO DOS PROCESSOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM	84
6.4	O USO RACIONAL DA ENERGIA NO PLANEJAMENTO ESCOLAR	87
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
	REFERÊNCIAS	93
	APÊNDICE A	100
	APÊNDICE B	107
	APÊNDICE C	113
	APÊNDICE D	125

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	– Indicadores sociais <i>versus</i> energia comercial consumida	32
FIGURA 2.2	– Emissões dos poluentes comuns do ar produzidas pelas atividades humanas	33
FIGURA 2.3	– Contribuição dos gases do efeito estufa para o aquecimento global	34
FIGURA 3.1	– Curva de carga conservada	42
FIGURA 3.2	– Esquema básico das definições e interações no consumo de energia	43
FIGURA 3.3	– Carta encaminhada pelo DOE às escolas na ocasião do <i>Earth Day</i>	49
FIGURA 4.1	– Classificação dos aceitantes em relação ao tempo de aceitação das inovações	53
FIGURA 4.2	– Teoria da dissonância cognitiva relacionada à conservação de energia	55
FIGURA 4.3	Aplicação do conceito de zona de desenvolvimento proximal no uso racional da energia	58
FIGURA 4.4	– Proposta de inserção do sistema educacional na modificação do comportamento individual, através da construção de novos valores, e os fatores externos no contexto energético	61
FIGURA 5.1	– Esquematização dos conteúdos para o ensino do uso racional da energia	68
FIGURA 5.2	– Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 1 do material paradidático	69
FIGURA 5.3	– Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 2 do material paradidático	70
FIGURA 5.4	– Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 3 do material paradidático	71
FIGURA 5.5	– Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 4 do material paradidático	72
FIGURA 5.6	– Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 5 do material paradidático	73
FIGURA 5.7	– Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 6 do material paradidático	74
FIGURA 5.8	– Proposta estrutural para o ensino do uso racional da energia	78

FIGURA 6.1	– Apresentação das principais atividades presentes no setor petrolífero	80
FIGURA 6.2	– Discussão sobre o “caminho” percorrido pela energia elétrica para uma mesma finalidade em épocas (ou circunstâncias) distintas	81
FIGURA 6.3	– Estabelecimento de critérios, adotando-se uma seqüência, para intervenções que visem o uso racional da energia	81
FIGURA 6.4	– Os desafios presentes na interpretação das informações em seus diferentes meios de veiculação	82
FIGURA 6.5	– Desempenho dos professores no decorrer do desenvolvimento do modelo educacional	85
FIGURA 6.6	– Esquematização didática para a explicação do princípio operacional do ferro de passar roupas	87
FIGURA A.1	– Gráfico do consumo de energia <i>versus</i> IDH	104
FIGURA B.1	– Evolução do consumo de petróleo no Brasil	109
FIGURA C.1	– Representação esquemática do uso racional da energia nos processos energéticos	118
FIGURA C.2	– Contextualização de um sistema hidráulico através do uso racional da energia	118
FIGURA C.3	– O uso racional da energia aplicado à escolha de um sistema de aquecimento de água	120
FIGURA C.4	– Ilustração de encadeamento entre disciplinas da área de Ciências Térmicas	122
FIGURA C.5	– Esquematização da disciplina Máquinas Térmicas e identificação das oportunidades de inserção do tema Uso Racional de Energia em cada conteúdo	123

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1	– Principais problemas ambientais	32
TABELA 3.1	– Resumo do Relatório Síntese dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica Ciclo 1998/1999	48
TABELA 6.1	– Perfil dos professores participantes do curso “O uso racional da energia: ensino e cidadania”	84
TABELA A.1	– Valores de referência para os indicadores primários	101
TABELA A.2	– Indicadores para o cálculo do IDH brasileiro em 2000	102
TABELA A.3	– Associação do IDH com o consumo de energia para alguns países em 1999	103
TABELA B.1	– Dados assumidos para o automóvel	110
TABELA B.2	– Dados assumidos para o ônibus	110
TABELA B.3	– Distribuição de mercado para o refino do petróleo	110
TABELA B.4	– Consumo de petróleo para o automóvel	111
TABELA B.5	– Consumo de petróleo para o ônibus	111
TABELA B.6	– Emissão de alguns poluentes	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINEE	– Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ANEEL	– Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	– Agência Nacional do Petróleo
CEC	– Custo da Energia Conservada
CESP	– Companhia Energética de São Paulo
CFC	– Clorofluorcarbono
COMGÁS	– Companhia de Gás de São Paulo
CONPET	– Programa Nacional de Racionalização dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CPFL	– Companhia Paulista de Força e Luz
DOE	– <i>Department of Energy</i>
ELETROBRÁS	– Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ELETROPAULO	– Eletricidade de São Paulo
EREN	– <i>Office of Energy Efficiency and Renewable Energy</i>
FGV	– Fundação Getúlio Vargas
FINEP	– Financiadora de Estudos e Projetos
FJP	– Fundação João Pinheiro
GEFAE	– Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de Energia
GLD	– Gerenciamento do Lado da Demanda
HECA	– <i>The Home Energy Conservation Act</i>
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	– Índice de Desenvolvimento Humano
INMETRO	– Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPEA	– Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPT	– Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LDB	– Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	– Ministério da Educação e Cultura
MIC	– Ministério da Indústria e Comércio
MME	– Ministério de Minas e Energia
OCDE	– Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ONU	– Organização das Nações Unidas
OPEP	– Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PCN	– Parâmetros Curriculares Nacionais
PBE	– Programa Brasileiro de Etiquetagem
PETROBRAS	– Petróleo Brasileiro S.A.
PNLD	– Programa Nacional do Livro Didático
PNUD	– Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PROCEL	– Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RDH	– Relatório do Desenvolvimento Humano

CAPÍTULO 1

A SISTEMATIZAÇÃO DO ENSINO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

1.1. INTRODUÇÃO

Os processos de ensino-aprendizagem no contexto da energia têm se mostrado como uma ferramenta de intervenção social de significativa importância, principalmente quando algumas iniciativas, que visam o melhor aproveitamento dos recursos naturais e a mitigação dos impactos ambientais, vêm ganhando espaço nos cenários nacional e internacional. Na implementação dos programas de conservação de energia¹, a educação é sempre mencionada como ferramenta privilegiada para a condução das informações; no entanto, a educação carece de maior compreensão por parte dos elementos que participam em um processo educacional eficiente.

Engenharia e Educação não têm sido contempladas de forma sistematizada como elementos integrados, o que resulta, por vezes, em perda de eficácia na transmissão de conceitos, bem como na difusão de conceitos equivocados para o público em geral, o que além de não contribuir para com a construção da cidadania, gera atitudes contraproducentes com relação ao uso desses conceitos. É com base nessas preocupações que a presente tese busca identificar as abordagens metodológicas para o desenvolvimento de um modelo educacional que permita considerar o uso racional de energia como elemento integrador de temas transversais e formador de conceitos de amplo espectro, baseada em elementos de planejamento energético e elementos de meio ambiente, para a construção da cidadania.

1.2. AS JUSTIFICATIVAS PARA O MODELO EDUCACIONAL

Um modelo educacional eficiente tem de criar condições para que haja a discussão das **questões energéticas** nos níveis fundamental, médio e superior da educação, enfatizando-se os **aspectos estratégicos** pertencentes ao tema e a forma pela qual as mesmas participam nos

¹ O termo conservação da energia tem o seu significado nas Engenharias como sinônimo de uso racional da energia; entretanto, o significado do conceito de conservação de energia não é uniforme dentre as várias áreas do conhecimento. Por exemplo, não é raro haver a interpretação através do Princípio da Conservação da Energia ensinado na Física. Nesta tese, os termos conservação de energia, uso racional da energia, uso eficiente da energia e suas variantes são usados de forma indistinta, assumindo-os como sinônimos.

modelos de desenvolvimento social, político e econômico de um povo ou nação, e seus impactos no meio ambiente.

No Brasil, a apresentação dos conteúdos relacionados ao uso racional da energia, através da educação, conta com uma estrutura que necessita ser revista tanto no âmbito de quem deve ter a responsabilidade da concepção e implementação dos conteúdos pedagógicos quanto no que diz respeito à aplicação dos conceitos educacionais.

O caminho aqui defendido consiste na **valorização do indivíduo**, na sua diversidade comportamental, o qual necessita da energia para atender às suas necessidades diárias. Todavia, trabalhar com questões em que o comportamento humano é o agente determinante significa deparar-se com fenômenos que requerem uma análise multidisciplinar e que necessitam ser compreendidos em seus aspectos cognitivo e afetivo. A Conferência das Nações Unidas (1995) sinaliza a importância de tais providências da seguinte forma:

(...) melhorar o intercâmbio de conhecimentos e preocupações entre a comunidade científica e tecnológica e o público em geral, a fim de que políticas e programas possam ser melhor formulados, compreendidos e apoiados. (...) As autoridades educacionais devem promover métodos educacionais de valor demonstrado e o desenvolvimento de métodos pedagógicos inovadores para sua aplicação prática (...)

A sistematização dos conteúdos relacionados ao uso racional da energia representa o ponto de partida para aplicação dos **conceitos didáticos e pedagógicos** a fim de promover a **construção de valores** pessoais coerentes com a ética e a cidadania. A presente tese tem por objetivo **desenvolver e aplicar um modelo educacional** que faça a **conexão** de determinados aspectos psicológicos e sócio-culturais do indivíduo com as informações relacionadas com o uso racional da energia.

Diante do que foi discutido até agora, o método educacional proposto assume uma dimensão que vai além do domínio das Ciências Exatas, na qual as análises técnicas necessitam de respaldo de outras áreas do conhecimento, de tal forma que não aconteça o descarte de certas informações, ou sejam tratadas como uma “caixa preta”.

É oportuno ressaltar que as análises comportamentais competem aos profissionais que atuam na Psicologia, mediante procedimentos de domínio próprio. Por sua vez, a aplicação dos resultados e dos estudos do comportamento humano à prática pedagógica representa um ferramental de considerável valia para os envolvidos nos processos de ensino-aprendizagem.

Portanto, o desenvolvimento de um modelo educacional para a conservação da energia consiste não somente em eleger um ambiente apropriado para a reflexão dos assuntos pertinentes ao setor energético, mas também trabalhar de forma multidisciplinar, abordando-

se os conteúdos, as habilidades e as competências necessárias para tanto. Nesse contexto, a universidade agrega em si os elementos necessários para realização de tais atividades, principalmente pela disponibilidade de recursos humanos, ficando como desafio a superação de certos paradigmas existentes entre as áreas do conhecimento e no relacionamento com outros níveis de ensino, principalmente no fundamental e médio.

Entretanto, aceitar que o entendimento dos aspectos epistemológicos contribui para a eficiência educacional representa um dos primeiros passos na superação de determinados paradigmas dentro dos domínios acadêmicos, principalmente nas engenharias. No ensino superior é comum encontrar professores com deficiências didático-pedagógicas e que participam no processo educacional como perpetuadores de informações e procedimentos que lhes foram ensinados (BAZZO, 2000). Tal fato se deve à ausência de uma formação mais acentuada na área de educação (LLAGOSTERA, 1999).

Nesse sentido, ao se abordarem os conteúdos relacionados com o uso racional da energia sob o ponto de vista educacional, estar-se-ia possibilitando a formação de recursos humanos mais sensíveis às necessidades da sociedade. A comunidade científica e tecnológica necessita assumir a responsabilidade de criar condições para dialogar com os outros segmentos que também participam na formação de valores individuais. Por exemplo, os professores dos ensinos fundamental e médio solicitam a participação acadêmica, mas por outro lado, sentem-se pouco à vontade com as abordagens sugeridas, ou seja, não falam a “mesma língua”.

Durante o desenvolvimento da tese houve a preocupação em identificar os elementos que contribuíssem com o diálogo entre os envolvidos nos processos de ensino-aprendizagem, sendo tais elementos colocados em prática na aplicação do modelo educacional proposto. Essa iniciativa coloca em evidência a **educação como agente promotor de mudanças de valores** individuais na busca do desenvolvimento social e econômico em equilíbrio com o meio ambiente. É oportuno mencionar que a conservação de energia passa por alguns níveis de intervenção (LA ROVERE, 1985), em ordem crescente de dificuldade de implementação, e a mudança de valores pessoais e coletivos enquadra-se no nível de maior complexidade.

1.3. DESENVOLVIMENTO DA TESE

O foco da tese encontra-se na proposta de um modelo educacional para a conservação da energia; todavia, torna-se importante situar em qual contexto se enquadra tal abordagem,

pois tanto a educação quanto a energia são assuntos de considerável abrangência e que possibilitam inúmeras interpretações.

O **capítulo 2** recorre a alguns aspectos históricos, relatando os fatos que associam o desenvolvimento humano, principalmente a partir do século XVIII, e o uso da energia. Nessa etapa são apresentados os elementos que, de uma maneira geral, participam no modelo de desenvolvimento econômico mundial, as suas conseqüências, como são mensurados e quais são as barreiras a serem superadas.

Os conceitos referentes ao uso racional da energia e determinados programas para esse fim, principalmente os que estabelecem alguma relação com a educação formal, estão presentes no **capítulo 3**. Durante essa fase do trabalho, enfatiza-se a **importância da educação** como processo de intervenção no desenvolvimento sócio-econômico, através do entendimento das questões energéticas.

Alguns aspectos do comportamento humano e a sua contextualização no uso racional da energia são objeto de discussão no **capítulo 4**. Nesse capítulo é definido o **referencial teórico** a ser adotado no modelo educacional, o qual proporcionará condições para a condução dos conteúdos pertinentes à conservação da energia.

O **capítulo 5** fica reservado para a apresentação do **modelo educacional para a conservação da energia**, cuja sustentação didático-pedagógica é obtida através do referencial teórico e dos aspectos legais e paramétricos da educação no Brasil. O modelo educacional foi desenvolvido tanto para os ensinos fundamental e médio, o qual deu origem a um material paradidático a ser trabalhado com os professores, quanto para o ensino superior, restringindo-se à estruturação dos conteúdos.

A **aplicação do modelo educacional** para os ensinos fundamental e médio é discutida no **capítulo 6**. Tal etapa é resultado do uso do material paradidático num curso de educação continuada, através das atividades de extensão universitária, para um grupo de professores da rede pública de ensino.

Ao **capítulo 7** fica reservado às discussões decorrentes do desenvolvimento da presente tese e conclusões obtidas.

A partir do desenvolvimento desta tese, estar-se-á disponibilizando uma série de informações que poderão contribuir para a percepção e aplicação de determinados conceitos educacionais para o uso racional da energia. Tal iniciativa reside na importância de oferecer à sociedade, em particular, aos profissionais da área de educação, estruturas que auxiliem na melhoria dos processos de ensino-aprendizagem.

CAPÍTULO 2

A ENERGIA E O DESENVOLVIMENTO SÓCIO-ECONÔMICO

2.1. INTRODUÇÃO

Na determinação de critérios que visem o atendimento das necessidades humanas, os mesmos devem se apoiar em uma visão prospectiva do processo evolutivo mundial, contemplando as áreas de interesse e estabelecendo-se as possíveis relações de causa e efeito. Inserido nesse contexto, a recorrência à história humana possibilita o fornecimento de elementos que ajudam a entender a atual situação do uso da energia e as modificações que a mesma impõe ao desenvolvimento das nações.

2.2. A PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA NA EVOLUÇÃO HUMANA

Os relatos históricos apresentados a seguir, no intuito de fornecer uma visão cronológica quanto ao uso da energia pela sociedade humana, são baseados no trabalho de Martin (1992).

Do neolítico ao início do segundo milênio, as atividades humanas estão fortemente apoiadas no esforço muscular dos próprios indivíduos ou, em alguns casos, através da tração animal. Ao longo desse período, a madeira participa como uma fonte de energia, mas inicialmente o seu uso encontra-se restrito ao cozimento, segurança, iluminação e conforto térmico e, com a necessidade e evolução dos grupos humanos, o processo de combustão da mesma começa a fazer parte no processo de fabricação de cerâmicas e na fundição de determinados metais. Alguns povos, em condições mais favoráveis de desenvolvimento, já conseguiam aproveitar as energias hidráulica (moinhos) e eólica (embarcações a vela).

Na Europa, entre os séculos XII e XVIII, os processos produtivos já contavam com uma participação mais intensa da biomassa, da tração animal e da força hidráulica e eólica, o que proporcionou o aumento da produção agrícola, multiplicação das trocas, crescimento das atividades manufaturadas e, numa forma mais abrangente, a expansão do capitalismo. Mas em contrapartida, o desenvolvimento sócio-econômico desencadeava novas necessidades energéticas, o que levou à intensificação da exploração florestal, havendo o deslocamento dos desmatamentos

para as regiões que não foram ocupadas pela agricultura, provocando uma diminuição progressiva da oferta da madeira, seguida do aumento do seu valor comercial.

Nessa mesma época, na América do Norte a situação é oposta a da Europa, pois tratava-se de um território recém colonizado pelos ingleses e irlandeses no século XVII e, tendo em seu favor grande disponibilidade de madeira e recursos hídricos. De acordo com Martin (1992), “essa abundância de recursos, substituída posteriormente pelo carvão e hidrocarbonetos, molda uma cultura que exclui a raridade energética; todas as tecnologias norte-americanas carregam a marca disso, e presumem um consumo de energia excepcionalmente elevado desde o início do século XIX”.

A crise da madeira que assolava a Inglaterra a partir do século XVI somente foi superada pelas transformações tecnológicas decorrentes da Revolução Industrial do século XVII. O carvão mineral assume, então, uma participação crescente como fonte de energia térmica, impulsionado pelas primeiras máquinas a vapor.

No período que se segue, do século XVII até o final do século XIX, devido ao aprimoramento dos processos de extração do carvão, os custos de exploração diminuíram seguidos do aumento da quantidade disponível no mercado. A presença do carvão, em grande quantidade e com baixo custo, possibilitou o desenvolvimento industrial livre das restrições energéticas em países como os Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha, e em menor escala, na Rússia, Japão, Austrália, Índia e China.

Ao longo do século XIX, a necessidade de flexibilização dos meios de produção, como por exemplo o fracionamento da força motriz nas indústrias, melhoria dos sistemas de iluminação e transportes, começavam a impor limites tecnológicos ao uso do carvão mineral. A partir da segunda metade desse mesmo século, os Estados Unidos despontaram como pioneiros da atual indústria petrolífera no mundo.

O petróleo proporcionou parte da flexibilidade requerida nas atividades sócio-econômicas da época, através das facilidades no transporte e no armazenamento desse energético, bem como pela capacidade de serem obtidos diversos produtos por intermédio do refino, tais como diesel, gasolina, querosene e lubrificantes, proporcionando facilmente ajustes da oferta à demanda do mercado.

Em pouco tempo, as exportações de petróleo norte-americano superaram o seu próprio consumo interno, por intermédio de fretamento de navios pela Standard Oil (empresa de John D. Rockefeller), atendendo dos mercados europeus aos asiáticos.

Durante a Primeira Guerra Mundial (1914 – 1917), os equipamentos desenvolvidos com base nos combustíveis derivados do petróleo levaram ao esgotamento das jazidas dos Estados Unidos, estimulando a exploração de petróleo em outros países. Esse deslocamento define a participação das empresas petrolíferas, agora não somente as norte-americanas (Standard of New Jersey, Standard of California, Socony Mobil, Gulf e Texaco), como também as europeias (Shell e British Petroleum), em território venezuelano e no Oriente Médio. Com a exploração das novas jazidas, iniciou-se mais um período de grande suprimento de petróleo, sendo marcado pela presença de um cartel petrolífero responsável pelo controle dos preços e oferta do produto no mercado, de tal forma a manter os interesses comerciais desse setor econômico.

A indústria elétrica também colaborou na superação das limitações tecnológicas dos meios de produção, e possuiu importante participação na expansão dos centros urbanos. As bases desse negócio, como são conhecidas nos dias de hoje, são de origem norte-americana, cujo desenvolvimento deu-se no decorrer da segunda metade do século XIX. A afirmação desse novo setor energético é garantida pela fabricação em série dos motores trifásicos e pela crescente utilização das lâmpadas incandescentes, em conjunto com o aperfeiçoamento das unidades geradoras de eletricidade (térmicas e hidráulicas). Nessa mesma época, a Alemanha possuía também importante participação no desenvolvimento da indústria elétrica, que juntamente com os Estados Unidos, foram favorecidos por uma estrutura industrial menos influenciada pela Revolução Industrial, estando portanto mais aptos para a adaptação às novas tecnologias.

Durante o final do século XIX e nas primeiras décadas do século XX, o setor elétrico já se expandiu na Europa (Suíça, Inglaterra, França, Itália e Espanha) e na Ásia, mais especificamente no Japão, através de licenciadas de empresas norte-americanas e alemãs. Nesse contexto, o setor industrial foi amplamente favorecido em termos de melhorias na localização de seus recursos produtivos sob o ponto de vista do processo, em virtude da possibilidade de fragmentação do fluxo energético através do sistema de distribuição elétrica, e estrategicamente, quanto à situação geográfica de um empreendimento, estando próximo às unidades geradoras ou, favorecido pelos sistemas de transmissão e distribuição, colocando-o junto aos consumidores.

A difusão do uso do gás natural em atividades domésticas, apesar de este ser utilizado pelos chineses antes da era cristã, é mais tardia, por volta da década de 1950 nos Estados Unidos. O transporte do gás natural figura como um fator limitante devido ao seu elevado preço, mas a necessidade de diversificação na matriz foi responsável pela busca de novas técnicas de entrega do combustível, visando-se reduzir as despesas de transporte através de gasodutos e sistemas de distribuição compatíveis com o consumo energético nos diversos segmentos de uso.

Após a Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945), a participação do petróleo, da eletricidade e do gás natural determinam a dinâmica da economia mundial da segunda metade do século XX. Os Estados Unidos e a Europa exercem forte influência tecnológica sobre os países que se encontram nas primeiras etapas do processo de industrialização (América Latina, Ásia e África), estabelecendo dessa forma uma nova relação de domínio econômico e um estilo de desenvolvimento apoiado na fartura de recursos energéticos, característico da cultura norte-americana. Os países que constituíam o bloco socialista contavam com a utilização em larga escala dos recursos naturais da ex-União Soviética, dentro de um modelo de industrialização próprio.

Entre 1950 e 1973, o mundo vivenciou um considerável crescimento no consumo energético, no qual a eletricidade tem a sua produção multiplicada por seis, o petróleo por aproximadamente cinco e o gás natural por seis.

A maioria das transformações dependem da importação do petróleo e, posteriormente, da importação do gás natural. Em 1973, tais importações representavam 36% do consumo dos Estados Unidos e 99% do consumo da Europa e do Japão, dos quais 80% provenientes do Oriente Médio e do Norte da África. Esse abastecimento em larga escala expõe a dependência e a fragilidade das relações comerciais dos países consumidores para com os produtores. Em virtude desse desequilíbrio no setor petrolífero, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP – criada em 1960, com a participação de treze países exportadores de petróleo) começou a pressionar o mercado visando o aumento do lucro por barril de petróleo produzido.

Os conflitos envolvendo Israel, Egito e Síria, no final de 1973, serviram de cenário para a mobilização dos países árabes exportadores de petróleo na defesa de seus interesses geopolíticos, tendo como consequência o aumento do barril de petróleo de US\$ 2,99 para US\$ 11,65, ficando nesse patamar de valor até 1979, quando ocorreu a segunda crise do petróleo, no qual o valor do barril chegou próximo dos US\$ 40,00.

Os países importadores, membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) buscaram, a partir de 1974, estratégias que visavam reduzir a dependência das exportações da OPEP, sendo elas:

- diversificar as fontes de importação de petróleo;
- substituir o petróleo por outras fontes de energia;
- utilizar a energia com mais racionalidade.

Diante dessa realidade, que afetou o processo e a forma de desenvolvimento não somente dos países da OCDE, mas também os que estavam em fase de crescimento econômico, surgiu a preocupação, conforme o nível de conscientização de cada país, quanto à disponibilidade do petróleo e conseqüentemente quanto aos impactos gerados sobre uma estrutura de desenvolvimento apoiada no mesmo.

O período de 1973 até a metade da década de 1980 foi caracterizado pelo deslocamento das fontes de energia dentro da matriz energética, visando-se reduzir a participação do petróleo e buscar novas opções comerciais no mercado petrolífero. É oportuno ressaltar que nessa mesma época houve transferência de várias empresas dos países industrializados para os qualificados como em desenvolvimento, principalmente as energointensivas, na busca de fontes energéticas mais baratas, juntamente com outros interesses econômicos.

Em decorrência dessa reordenação mundial, de um lado tem-se a mobilização de reduzir a importação de petróleo por parte dos países prejudicados pela crise, e do outro, as cotas de exportação de petróleo, estipuladas pela OPEP, incompatíveis com o excedente do mesmo, seguido da redução da margem de lucro. Em 1986 o aumento da oferta do petróleo no mercado, forçado pela Arábia Saudita, determinou a queda do valor do barril para US\$ 7,85 no mercado *spot* (compra à vista com entrega imediata), seguida de um aumento que o colocou em uma faixa compreendida entre US\$12,00 e US\$ 20,00 (MELLONI, 2000).

Nos últimos quinze anos do século XX foram agregados outros elementos à questão energética mundial, podendo-se destacar os seguintes:

- a crescente preocupação com o meio ambiente, e os impactos ambientais ocasionados pelo uso da energia;
- a Guerra do Golfo (1991) que traz novamente à tona o sentimento de dependência do petróleo (DIAS, 1999);

- a retomada dos programas de uso racional da energia e das pesquisas sobre fontes alternativas após a Guerra do Golfo, prejudicados num primeiro instante pela queda do preço do barril do petróleo em 1986;
- a desregulamentação das empresas do setor elétrico a partir da metade da década de 1990, nos Estados Unidos e em alguns países da Europa;
- o aumento da participação do gás natural no mercado energético no final do século XX;
- o aumento do valor do barril de petróleo ao longo do ano 2000 devido às influências mercadológicas, pois os Estados Unidos, Japão e países asiáticos, na retomada do crescimento econômico em 1999, ampliaram suas importações do produto e, na mesma época, tanto os Estados Unidos como a Europa foram submetidos a um inverno rigoroso, que também proporcionou um aumento no consumo de energia. Em virtude do crescimento da demanda de petróleo, a OPEP decidiu manipular a produção de tal forma a obter alguma vantagem comercial (DIEGUEZ, 2000).

2.3. INDICADORES SÓCIO-ECONÔMICOS E O USO ENERGÉTICO

O estabelecimento de parâmetros que indiquem a situação atual e os rumos que devem ser tomados na busca de um desenvolvimento sócio-econômico para as populações constitui, dentre outras informações, a base para a concepção de um planejamento estratégico, principalmente quando se refere a projetos de médio e longo prazos.

Dentre os vários parâmetros que possibilitam informar o desempenho de um país podem ser destacados aqueles relacionados com os processos produtivos (quantidades e valores associados aos bens de consumo e serviços), como por exemplo o Produto Interno Bruto (PIB), e a quantidade de energia consumida por segmento de uso, cujas unidades de medida variam conforme a estruturação da matriz energética, da finalidade e do sistema métrico adotado, sendo as principais o watt-hora (Wh), a caloria (cal) e a tonelada equivalente de petróleo (tep).

Tais valores, quando apresentados isoladamente, proporcionam a idéia de quantidades em termos absolutos, mas não indicam de que forma se deram os processos, ou seja, se foram mais ou menos eficientes em termos energéticos. As relações entre esses valores, quando bem definidas, permitem um melhor entendimento quanto ao desempenho dos setores produtivos, comercial, residencial e de serviço público e, se estabelecidas regras gerais de avaliação para uma

mesma base de cálculo, torna-se possível a análise comparativa entre outras localidades num mesmo segmento.

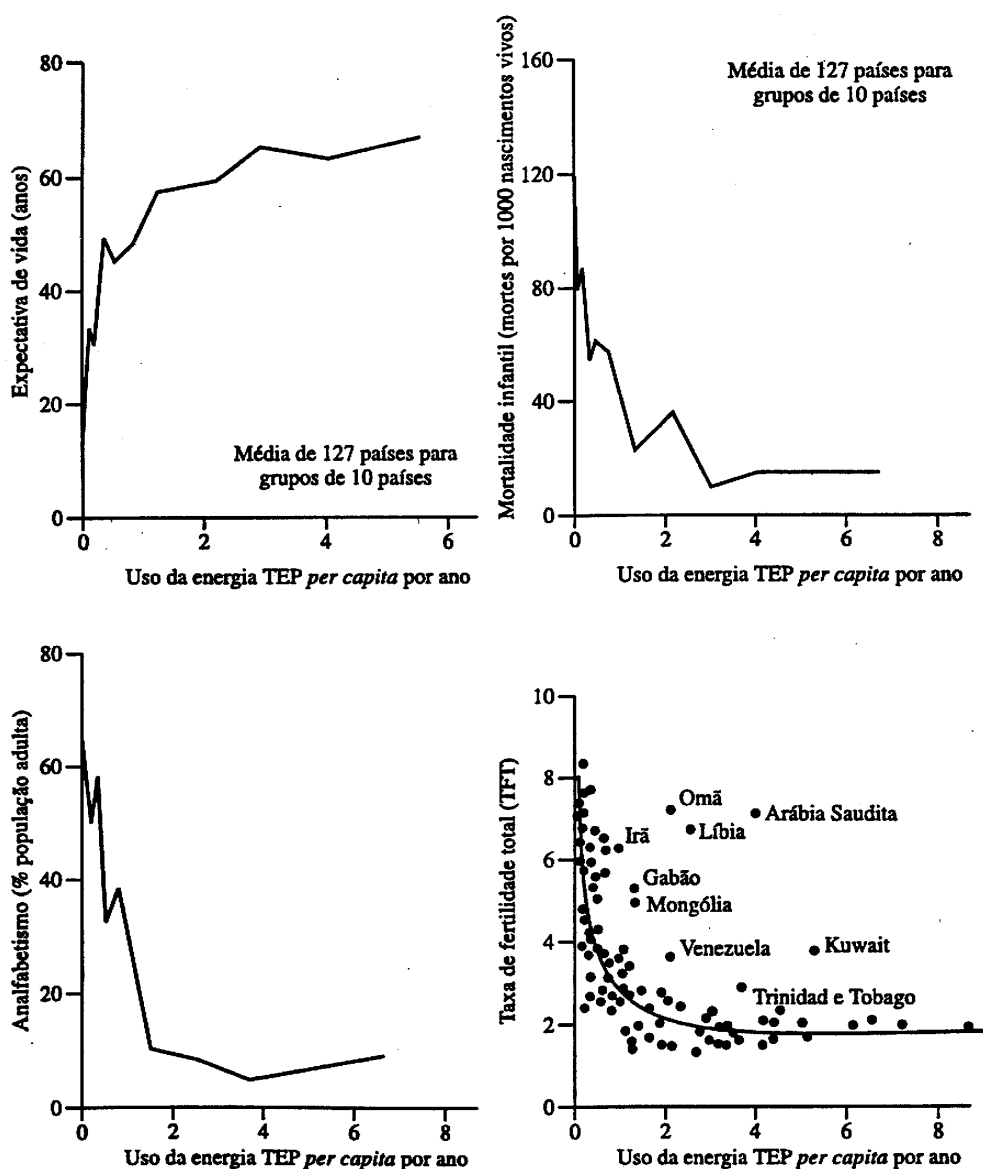
De acordo com Patterson (1996), os indicadores de eficiência energética dividem-se em:

- **energéticos:** são relações derivadas da Termodinâmica, tais como a razão entre a energia na saída e na entrada de um sistema (Primeira Lei), ou a relação entre as exergias (Segunda Lei). Esses indicadores, a menos que tenham sido considerados aspectos qualitativos, são limitados num nível macroscópico, pois não permitem uma comparação imediata ao longo de um processo no qual estão presentes diferentes formas de energia nas entradas e saídas;
- **físico-energéticos:** tratam-se de indicadores híbridos, os quais consideram a energia na entrada em unidades energéticas, e a saída em unidades físicas (por exemplo, unidades produzidas/kWh). O indicador físico-energético reflete o uso final do processo, facilitando a sua compreensão, porém, as comparações estão limitadas ao mesmo setor produtivo;
- **econômico-energéticos:** são também indicadores híbridos que, quando aplicados a um sistema, a entrada é medida em unidades energéticas e a saída em valores monetários (por exemplo, US\$/kWh). Tais indicadores merecem atenção quando se avalia uma relação do tipo PIB/energia, pois com a disponibilidade de tecnologia e de procedimentos mais eficientes nos meios de produção, tem ocorrido uma redução no consumo energético para uma mesma capacidade produtiva (BOSSEBOEUF *et al.*, 1997);
- **econômicos:** relacionam as energias, tanto na saída como na entrada, em termos de valores monetários. Esse indicador possui a sua participação no mercado de negócios, entretanto, proporciona pouca sensibilidade na conexão com os sistemas físicos.

A eficiência energética atualmente faz parte dos planos de muitos países, mas notoriamente tem-se dado pouca atenção às definições dos conceitos envolvidos, principalmente quando pretende-se estabelecer critérios comparativos entre os mesmos. Bosseboeuf *et al.* (1997) apontam como dificuldades nas comparações, entre as informações referentes aos indicadores de eficiência energética, os seguintes aspectos:

- os dados não são homogêneos na definição e no processo de aquisição;
- as relações e indicadores, calculados na avaliação da eficiência energética, são diferentes de um país para outro;
- as interpretações de relações similares variam consideravelmente.

O interesse em estabelecer relações entre o uso da energia e o seu reflexo sobre o desenvolvimento sócio-econômico dos países tem permitido a participação de indicadores que contemplam outros elementos, que incorporam direta e indiretamente a forma e a quantidade de energia consumida. A Figura 2.1 ilustra a relação entre expectativa de vida, mortalidade infantil, alfabetização e taxa de fertilidade *versus* energia comercial consumida *per capita*.



Fonte: Goldemberg (1998)

Figura 2.1 – Indicadores sociais *versus* energia comercial consumida

Considerando a necessidade de avaliar-se o desenvolvimento humano não somente pelo PIB *per capita*, foi criado em 1990 pelos economistas Mahbub ul Haq e por Amartya Sen o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH – vide Apêndice A). O IDH foi projetado para corrigir algumas distorções do uso da renda *per capita* como uma medida de desenvolvimento, sendo uma composição da longevidade de uma população, do nível de instrução e do padrão de vida (ONU, 2000; GOLDEMBERG, 1998). Utilizado pela ONU para avaliar as condições de vida nos 174 países-membros da organização, esse índice possui valores entre 1 (condição máxima de desenvolvimento) e 0 (condição mínima de desenvolvimento). Os países de alto IDH tiveram, em 1992, um índice médio de 0,888; os de médio desenvolvimento humano, 0,632; os de baixo índice de desenvolvimento humano, 0,403 (ONU, 2000). A título de comparação, em 1999 o Brasil obteve um índice de 0,750 (ANDRADE; LORA; DUPAS, 2002).

Dentro da proposta de Schipper e Haas (1997), os indicadores podem ilustrar as regras de formação de preços, lucros, estrutura demográfica das populações e características geográficas, estabelecendo-se uma ligação quantitativa entre os padrões de uso energético e as emissões de poluentes. As relações entre as grandezas oriundas das atividades humanas devem ser desenvolvidas a partir da análise de dados numa estrutura que desagregue ao máximo as partes que as compõem, visando-se identificar o grau de participação de cada elemento dentro de um indicador geral. Tal forma de avaliação busca a melhoria da compreensão das tendências das emissões de poluentes em nível mundial, visando direcionar esforços para estabelecer limites no futuro.

Os indicadores representam uma importante ferramenta de avaliação, juntamente com conceitos da Estatística e dos Métodos de Otimização, na estruturação de programas de ação dentro de um planejamento de médio e longo prazo, possibilitando a análise de cenários dentro de uma política de desenvolvimento sustentável.

2.4. O MODELO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO MUNDIAL

Ao longo da história mundial, os países que detiveram a liderança econômica e tecnológica tiveram os seus desenvolvimentos sócio-econômicos vinculados a outros fatores de caráter particular, tais como a geografia, o clima, a cultura e os recursos naturais disponíveis. Dispondo desses fatores, associados a vários movimentos históricos, como o colonialismo do século XV, a

Revolução Industrial a partir do século XVII, o Imperialismo do século XIX, e mais recentemente as articulações geopolíticas e econômicas dos países desenvolvidos sobre aqueles em desenvolvimento, esses receberam forte influência dos primeiros na concepção de seus modelos sociais, políticos e econômicos.

Os países que foram colonizados, em geral, foram forçados a adotar a tecnologia e o estilo de vida dos países desenvolvidos e acabaram não criando uma tecnologia própria e adequada à sua realidade, provocando, dessa forma, algumas falhas nos vários segmentos econômicos, que prejudicaram a utilização de seus recursos naturais. Assim, por exemplo, os projetos envolvendo a construção de edificações e os processos industriais às vezes são cópias daqueles existentes nos países de origem, com raras adaptações, e que em algumas situações geram soluções com resultados indesejáveis e custos adicionais.

Em virtude das crises mundiais ocasionadas pelo petróleo (1973 - guerra do *Yom Kipur* , 1979 - início da guerra Irã-Iraque e 1991 - guerra do Golfo), os países em geral assumiram uma postura de tornarem-se menos dependentes desse energético, através do uso de outras fontes de energia e revendo as formas de consumo. Mas nesse ponto surge uma questão estratégica, na qual os países desenvolvidos (como o Japão, por exemplo) transferiram os processos energo-intensivos para países em desenvolvimento², como o Brasil, na busca de mão-de-obra e matérias-primas mais baratas, e conseqüentemente deslocando a necessidade de investimentos no setor energético para esses últimos, juntamente com os seus problemas de implantação e uso (TOLMASQUIM, 1991).

O setor de transportes talvez seja um exemplo clássico desse processo de transferência de tecnologia, no qual estão presentes dois setores produtivos de grande influência nas populações mundiais, o do petróleo e o automobilístico. A indústria automobilística, a partir da metade do século XX, teve poder e condições de limitar os investimentos em outros sistemas de transporte,

² É oportuno salientar que a transferência de tecnologia dos países desenvolvidos para o Brasil já vinha ocorrendo com maior evidência desde a época do Estado Novo (1937 – 1945), durante o governo de Getúlio Vargas. Nessa ocasião, o governo norte-americano se comprometia a financiar a construção da primeira siderúrgica brasileira (Companhia Siderúrgica Nacional – CSN), a fim de mudar a posição de “neutralidade” do Brasil em relação à Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945), que durou até 1941, e pelo interesse dos Estados Unidos em instalar bases militares no nordeste brasileiro (FGV, 2001). Diante de tal fato, acredita-se que o interesse na implantação da CSN tivesse sido mais geopolítico do que a transferência de atividades energo-intensivas, não se sabendo até que ponto os Estados Unidos já possuíam alguma percepção quanto às restrições energéticas a que estariam expostos no início da década de 1970. Entretanto, essa condição histórica, seguida de uma forte indústria de base metal-mecânica, com a implantação de indústrias automobilísticas e as que lhes dão suporte, revelam o perfil político e o estilo de desenvolvimento sócio-econômico assumido pelo Brasil nas últimas cinco décadas do século XX.

como o fluvial e o ferroviário, em favor do rodoviário e do incentivo ao uso do veículo particular (vide Apêndice B). O setor de transportes, no final da década de 1990, respondeu por mais da metade do consumo mundial de petróleo e aproximadamente 30% do total da energia comercializada no mundo (DARGAY; GATELY, 1997).

Nesse ponto, torna-se oportuno observar que a qualidade de vida e os níveis de desenvolvimento dos países possuem uma relação com a quantidade de energia consumida *per capita*, e que aproximadamente 75% da população mundial situa-se abaixo da média do consumo energético dos países desenvolvidos. Tal fato não significa que quem está abaixo desse referencial deva seguir determinados padrões de consumo, mas que existe um considerável potencial de aumento do consumo da energia, o que conseqüentemente poderá acarretar uma série de outros problemas, dentre esses os de ordem ambiental (GOLDEMBERG, 1998).

O que se discute atualmente são as bases para a implantação de um modelo de desenvolvimento sustentável, que pode ser definido como: o desenvolvimento que supre as necessidades do presente sem comprometer as condições de gerações futuras suprirem as suas próprias necessidades (DINCER, 1999). Diante desse conceito de desenvolvimento, amplia-se o espaço de discussão sobre as necessidades mundiais, em termos sociais, políticos e econômicos, através da inclusão de temas que forneçam referenciais e caminhos alternativos que visem o bem estar da humanidade, pois mesmo parecendo algo utópico, trata-se de uma questão que merece dedicação, pesquisa e, principalmente, uma ação planejada.

2.5. CONSEQÜÊNCIAS DO MODELO DE DESENVOLVIMENTO MUNDIAL

O desenvolvimento humano recebeu um grande impulso a partir da Revolução Industrial no final do século XVIII e consolidou-se ao longo do século XX. Tal evolução foi caracterizada pela divisão econômica do mundo atual em dois grupos: o dos países desenvolvidos e o dos países em desenvolvimento. Essa divisão mundial foi e é palco de várias mobilizações de interesses políticos e econômicos, principalmente pela constante busca da afirmação do poder dos países qualificados como desenvolvidos. Inseridos nesse contexto, dois fatores permitem o estabelecimento de pontos de tangência entre os países dos dois grupos: o uso da energia e o seu impacto sobre o meio ambiente.

A agressão humana ao meio ambiente está relacionada com o aumento populacional e ao significativo aumento no consumo individual, principalmente nos países industrializados. O que caracteriza as mudanças ambientais causadas pelo ser humano é o fato de ocorrerem num curto período de tempo, numa intensidade superior aos processos naturais, fazendo com que a natureza assuma outros níveis de estabilidade, diferentes dos considerados ideais para a atual biosfera. Tais modificações no meio ambiente tornaram-se alvo de pesquisas e de crescente preocupação das pessoas (apesar de ainda ser baixo o nível de conscientização), devido ao surgimento de novos problemas relacionados com o desenvolvimento das populações no mundo. A Tabela 2.1 mostra os principais problemas ambientais presentes na ordem do dia.

Tabela 2.1 – 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
Chuva ácida	Energia (queima de combustível fóssil)	Todos
Diminuição da camada de ozônio	Indústria	Todos
Aquecimento por efeito estufa e mudança do clima	Energia (queima de combustível fóssil)	Todos
Disponibilidade e qualidade de água doce	Aumento populacional, 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

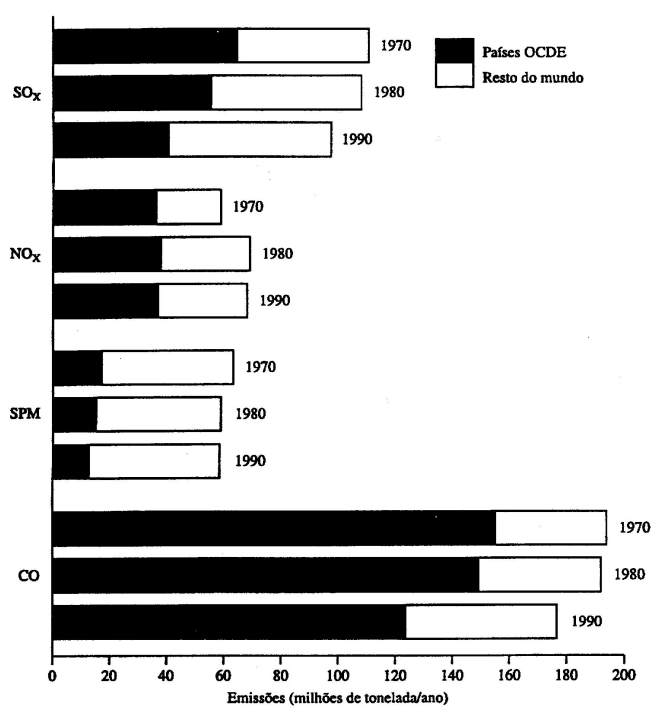
Fonte: Goldemberg (1998)

De modo geral, todos esses problemas têm um grande número de causas, tais como o aumento populacional, as formas de crescimento econômico e a mudança de padrões da indústria, transporte, agricultura e a habitação. A maneira como a energia é produzida e utilizada está na raiz de muitas dessas causas (GOLDEMBERG, 1998).

Para ilustrar o impacto ambiental das atividades humanas, os países da OCDE, em 1991, foram responsáveis por 53% do consumo mundial das fontes de energia e, agregando-se os países da Europa Oriental e a ex-União Soviética, este valor chegou a 75%. Como resultado dessas

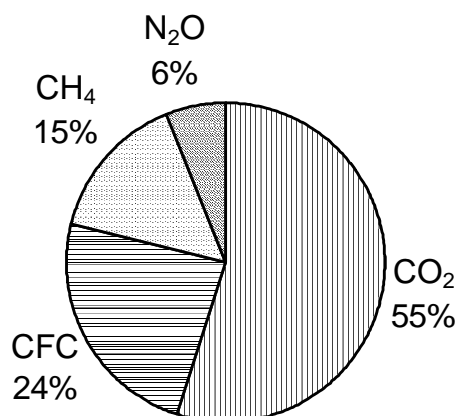
atividades, juntamente com os países em desenvolvimento, conforme a Figura 2.2, chega-se a um perfil de emissões de poluentes que, apesar de decrescente devido às inovações tecnológicas (exceto para os compostos nitrogenados – NO_x), responde por alterações na qualidade de vida, principalmente nos grandes centros urbanos. Em termos globais, a Figura 2.3 mostra que as emissões de dióxido de carbono (CO_2 , devidas à queima de combustíveis fósseis) aparecem como as principais responsáveis pelo efeito estufa, seguidas das emissões de clorofluorcarbono (CFC), metano (CH_4) e óxido de nitrogênio (N_2O).

Por intermédio da Figura 2.2, é possível verificar algumas das conseqüências do modelo de desenvolvimento vigente no mundo, no qual a tecnologia colabora na redução das emissões dos poluentes em termos globais e, particularmente, ressalta o aumento das emissões dos países não pertencentes à OCDE, através da transferência de atividades produtivas.



Fonte: Goldemberg (1998)

Figura 2.2 – Emissões dos poluentes comuns do ar produzidas pelas atividades humanas



Fonte: Goldemberg (1998)

Figura 2.3 – Contribuição dos gases do efeito estufa para o aquecimento global

2.6. OS LIMITES DA CONSCIÊNCIA ENERGÉTICA

Ao discutirem-se os possíveis rumos a serem tomados dentro de um modelo de desenvolvimento mundial, a questão energética terá a sua importância assegurada pela sua condição estratégica e, implicitamente, estarão associadas as alterações do meio ambiente, pois ainda não há sistema energético que não esteja sujeito a perdas ou que não altere o ambiente que o cerca.

De acordo com GOLDEMBERG (1998), não é suficiente promover a eficiência energética nos países em desenvolvimento, pois o crescimento no consumo dos mesmos é inevitável, devido à necessidade de se instalar uma infra-estrutura industrial, meios de transporte e crescimento urbano. Para evitar que se repita o caminho histórico da industrialização, é essencial incorporar desde cedo, no processo de desenvolvimento, a utilização consciente dos recursos disponíveis.

Entretanto, a compreensão dos aspectos energéticos e ambientais, algumas vezes, vai além da análise puramente técnica, ainda que um projeto se mostre tecnicamente possível e economicamente viável. Os limites impostos ao entendimento e à ação, no que diz respeito ao uso da energia, são classificados como barreiras. O sujeito da obstrução pode ser toda uma nação, ou um indivíduo, um grupo social, organizações, empresas ou governos. A existência de um monopólio, a falta de informação ou um subsídio, podem caracterizar um obstáculo (WEBER, 1997). O nível de compreensão dos fatos ligados à energia é extremamente heterogêneo, pois o

processo de assimilação dos seus conceitos está também relacionado com a faixa etária, sexo e diferenças sociais, culturais e regionais (PIMENTEL *et al.*, 1999).

Para o entendimento e a aplicação de um modelo de desenvolvimento sustentável, a energia e seu uso necessitam ser compreendidos de forma mais ampla nos vários segmentos da sociedade, criando-se um ambiente propício às discussões mais qualitativas, não se restringindo apenas aos aspectos do próprio energético, mas expandindo-se para outras relações com o mesmo, como as questões ambientais, políticas e sociais.

Nesse contexto, os programas de uso racional da energia são capazes de proporcionar a mobilização da sociedade no que se refere às limitações dos recursos naturais e formação de uma consciência ambiental. Todavia, os programas implementados desde o início da década de 1970 devem ser alvo de reflexões, de acordo com o momento histórico, de tal forma a compreender as variações presentes nos diversos graus de sensibilização dos indivíduos, levando-se em conta os tipos de mecanismos utilizados para a participação dos consumidores.

CAPÍTULO 3

OS PROGRAMAS DE USO RACIONAL DE ENERGIA

3.1. INTRODUÇÃO

No período anterior à década de 1970, a maioria das atividades sócio-econômicas eram fundamentadas na plena disponibilidade dos recursos naturais, em especial das fontes energéticas, não havendo vínculos bem definidos em relação aos danos ao meio ambiente quanto à obtenção e uso das mesmas. Os primeiros sinais de sensibilização mundial quanto à possibilidade de escassez de tais recursos deu-se nas duas crises do petróleo (1973 e 1979), quando o mundo percebeu o seu grau de dependência em relação aos combustíveis fósseis e as conseqüências de sua falta num futuro próximo. Tais preocupações, ao final do século XX e início do século XXI, ganharam outros níveis de questionamento, destacando-se a importância da busca do equilíbrio entre a necessidade de desenvolvimento das populações, o uso da energia e os impactos causados ao meio ambiente.

3.2. O CONCEITO DE USO RACIONAL DE ENERGIA

No uso racional da energia visa-se a utilização dos recursos energéticos, dentro de suas etapas de transformação, de forma a proporcionar as condições para o desenvolvimento sustentável. Por isso, nos procedimentos necessários à utilização eficiente da energia devem ser objetivados a qualidade de vida, o respeito ao meio ambiente e a atratividade econômica, os quais podem ser sistematizados em seis níveis de intervenção (LA ROVERE, 1985; DIAS, 1999).

Primeiro nível – Eliminação de desperdícios:

Consiste na etapa mais elementar em termos de ações destinadas ao uso racional da energia, pois presta-se a eliminar, ou ao menos minimizar, os desperdícios que são mais evidentes. Nesse nível, por exemplo, encontram-se, numa forma genérica, as campanhas do tipo “apague as luzes ao sair”, “mantenha as torneiras fechadas”, ou no caso das indústrias, através da eliminação de vazamentos de ar comprimido e de vapor.

Segundo nível – Aumento da eficiência das unidades consumidoras de energia:

Posteriormente à eliminação das situações mais gritantes que apresentem desperdícios de energia, seguem-se as atividades que visam dotar as unidades consumidoras de energia de maiores eficiências; nesse nível estão presentes as novas concepções de uso da energia, principalmente através de avaliações fundamentadas cientificamente, sucedidas pela possibilidade de implementação de novos procedimentos e uso de tecnologias mais eficientes; os trabalhos de BJÖRK (1989) e PROBERT *et al.* (1989) ilustram algumas técnicas disponíveis nesse nível de intervenção.

Terceiro nível – Aumento da eficiência das unidades de transformação energética (geração):

Essa etapa deve ser realizada após a eliminação, na medida do possível, dos desperdícios no uso da energia e o aumento da eficiência dos sistemas energéticos nas unidades consumidoras. Nessas condições, as unidades de transformação energética ficam dimensionadas para o suprimento das unidades consumidoras de forma mais próxima das necessidades reais, levando-se em conta as margens de segurança; concorrem para tanto, entre outras, a substituição de equipamentos nos processos de transformação energética (DIAS, 1999) e a prática da cogeração (BALESTIERI, 1997).

Quarto nível – Reaproveitamento dos recursos naturais, pela reciclagem e redução do conteúdo energético dos produtos e serviços:

O reaproveitamento de recursos naturais, devido à sua capacidade de agregar quantidades menores de energia durante o seu reprocessamento, já faz parte das prioridades eleitas pela nova ordem mundial; diante dessa concepção, muitos produtos já são projetados de tal forma que suas partes possam ser recicladas, ao fim de sua vida útil ou após o consumo do conteúdo; aqui cabe ressaltar as análises de ciclos de vida³, uma vez que contemplam toda a existência de um processo, produto ou atividade, desde a sua origem até a sua disposição final (BALESTIERI, 2001). No entanto, algumas questões ainda se encontram pendentes,

³ Azapagic e Clift (1999) definem análise de ciclo de vida como ‘um método para definir e reduzir os problemas ambientais de um produto, processo ou atividade pela identificação e quantificação da energia, da movimentação de materiais e descargas de resíduos, acessando o impacto dos resíduos no ambiente e avaliando oportunidades para melhorias ambientais sobre todo o seu ciclo de vida’.

AZAPAGIC, A.; CLIFT, R. Life cycle assessment and multiobjective optimization. **Journal of Cleaner Production**, v.7, p.135-143, 1999 apud BALESTIERI, J. A. P. Metodologias para a análise comparativa de novas tecnologias. In: _____. **Avaliação tecnológica e metodológica para o planejamento de centrais de cogeração**. 2001. p.45-48. Relatório de Pesquisa (Pós-doutorado em Engenharia Mecânica – Laboratório de Energia Solar) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

como por exemplo, o aproveitamento energético dos resíduos sólidos municipais (HOLANDA, 1998; HOLANDA; BALESTIERI, 1999).

Quinto nível – Rediscussão das relações centro/periferia

Em termos energéticos, esse nível de intervenção assume grande relevância ao final do século XX e início do século XXI, particularmente como resultado de políticas econômicas que priorizam a solução imediata dos problemas, sem grandes preocupações com as conseqüências de longo prazo, em termos locais ou globais (DIAS, 1999); nesse último aspecto estão, por exemplo, o caso dos grandes centros urbanos, que enfrentam longos engarrafamentos por veículos automotores com níveis baixíssimos de ocupação ao lado de frotas de ônibus mal conservadas, com poucas linhas de trens metropolitanos (COUTO, 1995) – a título de ilustração, nos países da União Européia, o custo com congestionamentos de veículos é por volta de 2% do PIB anual (WOHLGEMUTH, 1997).

Sexto nível – Mudança dos padrões éticos e estéticos

Representa o nível de maior complexidade de intervenção, pois relaciona-se com mudança de comportamento individual através da assimilação de novos valores, no que se refere ao uso racional da energia (DIAS; MATTOS; BALESTIERI, 2001a, 2001b). Nesse item busca-se a compreensão, orientada à cidadania, dos elementos que compõem o setor energético, de tal forma que a sociedade tenha condições de estabelecer relações de causa e efeito do uso da energia, e agir de forma consciente e permanente para a melhoria da qualidade de vida. Dentre os exemplos mais comuns de consumo de energia, considerando-se as opções pessoais, destacam-se: a escolha entre dois modelos de automóveis, de desempenhos diferentes, ou a opção pelo transporte coletivo; os horários e procedimentos de utilização de equipamentos nas residências; as concepções arquitetônicas e funcionais nas construções; o dimensionamento dos recursos produtivos.

3.3. OS PROGRAMAS DE USO RACIONAL DE ENERGIA

A preocupação com a disponibilidade energética e as alterações ambientais ocasionadas pela exploração, transformação, transporte e uso da energia não figuravam como elementos de destaque no cenário mundial até 1973, na ocasião da primeira crise do petróleo. A partir daquele momento histórico, o mundo ficou exposto à fragilidade do modelo de desenvolvimento econômico apoiado no uso do petróleo e seus derivados. Após esse recurso

energético ter o seu preço específico (US\$/barril) aumentado em quase quatro vezes pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), os países importadores, num primeiro instante, tiveram que assumir uma condição desfavorável em termos econômicos e financeiros e, ao mesmo tempo, buscar soluções que visassem a diminuição do consumo de energia e a substituição energética por outras fontes. Num segundo momento, o foco das preocupações era a vulnerabilidade dos setores produtivos e de serviços, diante da dependência do petróleo e da incerteza quanto ao tempo de produção ainda restante dos poços de petróleo então disponíveis. Em 1979, as dificuldades no setor energético ficaram mais uma vez em evidência quando o preço do barril do petróleo ficou próximo de US\$ 40,00.

Na década de 1970, os movimentos ambientalistas, que vinham se tornando cada vez mais organizados a partir da década de 1960, ganharam força graças ao avanço da tecnologia, principalmente a aeroespacial, possibilitando a aquisição de informações da Terra por meio de satélites, favorecendo o surgimento das análises e projeções acerca das modificações ambientais decorrentes das atividades humanas. Nessa época, a maioria das análises ambientais e instrumentos legais de controle estavam concentrados em poluentes convencionais, tais como compostos sulfurosos (SO_x), nitrogenados (NO_x), materiais particulados (MP) e monóxido de carbono (CO) (DINCER, 1999).

Diante das circunstâncias apresentadas, a partir do final da década de 1970, nos Estados Unidos e logo depois seguidos por outros países, foram desenvolvidas atividades voltadas ao uso racional da energia elétrica através dos programas de gerenciamento do lado da demanda (GLD) (NADEL; GELLER, 1996). De acordo com Chamberlin e Herman (1996), o conceito original do GLD reside nas atividades que visam o planejamento e a implementação de programas, através das empresas de energia, buscando influenciar o consumidor de energia elétrica de forma a alterar suas curvas de carga.

Os programas de GLD nos Estados Unidos, em princípio concebidos dentro de uma estrutura regulamentada do setor elétrico, durante as décadas de 1970 e 1980, e analisados sob uma ótica atualizada, apresentam-se em três momentos de interesse (NADEL; GELLER, 1996):

- divulgação de informações através de programas educacionais e concessão de empréstimos (como forma de incentivo aos investimentos) destinados ao uso eficiente da energia;
- aplicação de recursos para a implementação de programas em três etapas:

- (a) dos **programas de descontos**, nos quais o consumidor se beneficiava de abatimentos no valor da conta de energia mediante o cumprimento de metas de consumo, ou na substituição de equipamentos;
- (b) das **auditorias energéticas**, nas quais os consumidores, com apoio das empresas de energia, recebiam suporte técnico e financeiro para a identificação e, se possível, a instalação de equipamentos com melhor eficiência energética;
- (c) da **transformação de mercado** através do direcionamento de produtos e serviços em favor dos que utilizam menos energia.
 - adequação das atividades para um mercado energético mais competitivo (situação decorrente da tendência de desregulamentação do setor energético a partir da metade da década de 1990).

Apesar dos esforços para a economia de energia, o desenvolvimento sócio-econômico e o crescimento populacional estabeleceram novos patamares de consumo. De 1973 até 1993 o setor de transportes aumentou o seu consumo energético em 77%, o que corresponde a um crescimento médio anual de 2,6%. Essa taxa foi maior que o aumento de demanda anual de energia do setor industrial (1,3%) ou de outros setores de uso final (1,9%). A participação dos derivados de petróleo no setor de transportes foi de 41,9% do total produzido em 1971 para 55,3% em 1993. As estimativas indicam que a metade do petróleo produzido no mundo é consumido pelo setor de transportes (WOHLGEMUTH, 1997).

O setor de transportes em alguns países encontra-se sujeito a certas estruturas de mercado e de política fiscal as quais, de modo geral, elevam os preços dos veículos. Nesse cenário, a eficiência energética da frota fica comprometida à medida que os consumidores continuarão utilizando por mais tempo os veículos que possuem, e que são, quase sempre, pouco econômicos por contarem com tecnologia obsoleta (WOHLGEMUTH, 1997).

Mesmo que haja esforços, a partir de pressões dos governos, para que mercados favoreçam a escolha de veículos menores, com menor potência ou ainda menos equipados, e que os consumidores reduzam os seus deslocamentos ou utilizem melhor os veículos, ou ainda escolham o transporte coletivo, o próprio mercado se encarrega de reduzir os potenciais de economia de energia ao manipular as preferências dos consumidores. Isso pode ser constatado em anúncios comerciais, como, por exemplo, o que foi apresentado no final do ano de 2001, ao menos em âmbito regional, acerca de modelos de veículos da empresa FIAT Automóveis, em que o transporte coletivo era superado pelo uso dos veículos particulares (o anúncio apresentava um ônibus somente com o motorista e o cobrador, e ambos derramando-

se em lágrimas por não haver mais passageiros; o motorista, ao avistar uma pessoa solicitando a parada do coletivo, parava-o no ponto e, ao abrir a porta, o provável passageiro perguntava se o ônibus passaria próximo de alguma concessionária da FIAT).

Na transição do século XX para o século XXI, a incorporação de aspectos ambientais tem reforçado a importância do uso racional da energia como forma de mitigar os resultados negativos das atividades energéticas, principalmente as de efeito global, como as emissões de CO₂. A indústria tem participado, em termos de emissões mundiais, com aproximadamente um terço das emissões de CO₂ (BOYLE, 1996), e estima-se que o setor de transportes agregue mais 25% (DARGAY;GATELY, 1997).

As ações destinadas ao uso racional de energia passam por etapas já consagradas, como a avaliação energética e econômica da condição inicial da unidade de consumo, identificação dos pontos que possuem potencial de economia, alteração de procedimentos, redistribuição de cargas, substituição de equipamentos, reavaliação a cada ação implementada, dentre outras, conforme o tipo de energético consumido e as características da unidade consumidora.

Tem-se tentado justificar a mudança de comportamento do consumidor quanto ao uso racional da energia através dos benefícios econômicos, caso os mesmos adotem determinados procedimentos de uso. Por exemplo, dentro do setor elétrico, numa abordagem mais técnica, o uso da **curva de carga conservada** seria uma maneira de avaliar qual o tipo de procedimento a ser escolhido, diante de algumas ações que economizem energia (VINE; HARRIS, 1990). O gráfico indicado pela Figura 3.1 mostra uma curva de carga conservada, na qual estão indicadas oito opções de intervenção (numeradas de um a oito) e uma linha de referência (por exemplo, o preço da eletricidade); por esse critério de análise, somente as cinco primeiras intervenções são atrativas do ponto de vista econômico. O custo da energia conservada (CEC) é o custo anual da implementação das atividades voltadas ao uso racional da energia do lado da demanda, mediante a anualização do investimento pela taxa de recuperação de capital (incluindo-se os custos operacionais e de manutenção – O&M), dividido pela energia economizada anualmente, conforme a equação (3.1).

$$CEC = \frac{(\text{investimento} \times \text{taxa de recuperação de capital}) + \text{custo anual de O \& M}}{\text{economia anual de energia}} \quad (3.1)$$

sendo:

$$\text{taxa de recuperação de capital} = \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}}$$

d: taxa de desconto anual

n: vida útil

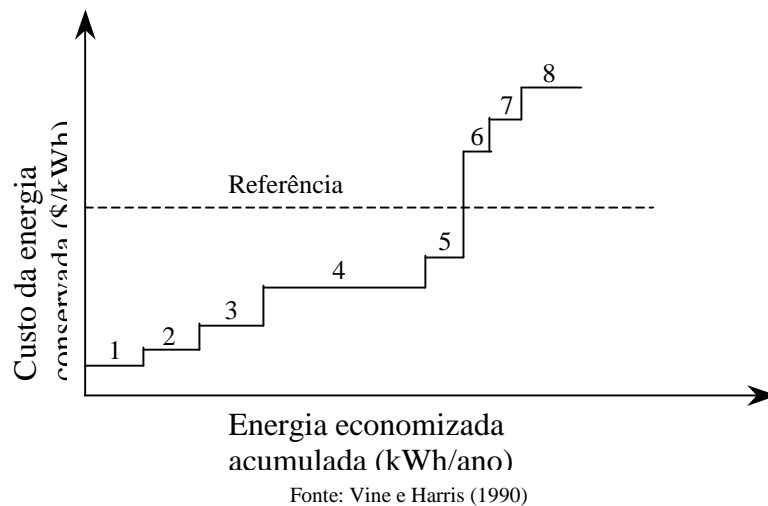
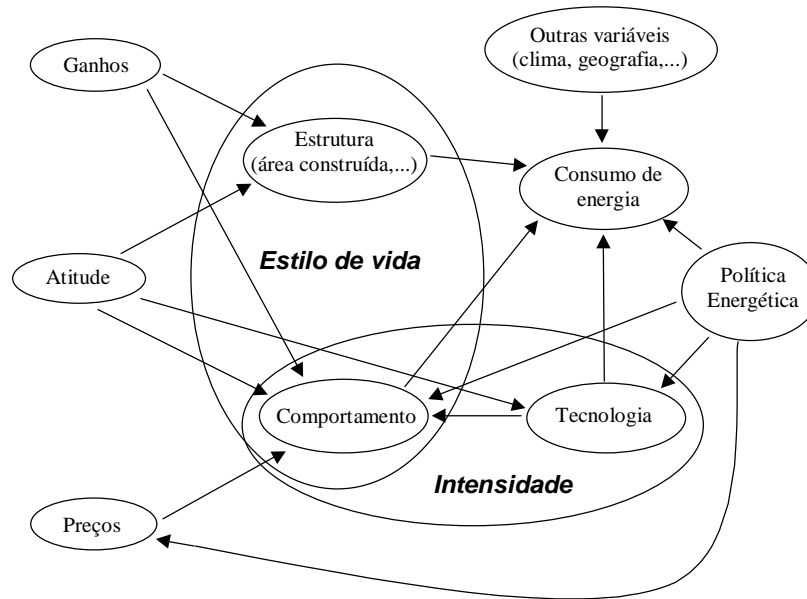


Figura 3.1 – Curva de carga conservada.

Para a análise de investimentos, em complemento ao CEC, a engenharia econômica dispõe de outros critérios de classificação, tais como, o *payback* simples e descontado, a razão custo-benefício, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o custo da vida útil. A definição do tipo de ferramenta analítica a ser utilizada dependerá das características técnicas, operacionais e econômicas do sistema, ou processo avaliado.

Entretanto, o uso da energia é dependente de fatores que vão além das soluções puramente técnicas, pois depende de parâmetros que irão influenciar o comportamento do consumidor de maneira diversa. Haas (1997) indicou como parâmetros (por exemplo, estrutural, climático, demográfico, econômico e técnico) diretos mais importantes a estrutura, o comportamento e a eficiência. A estrutura refere-se à demanda de serviços de longo prazo (por exemplo, instalações e quantidade de equipamentos); o comportamento refere-se à demanda de curto prazo (por exemplo, a forma de uso dos equipamentos); a eficiência técnica define a quantidade de energia necessária ao atendimento dos usuários.

A Figura 3.2 ilustra a proposta de como o inter-relacionamento entre parâmetros afeta o estilo de vida do consumidor em relação ao uso da energia (HAAS, 1997). É oportuno observar o caminho normalmente adotado na política energética para alterar o comportamento das pessoas através dos preços dos recursos energéticos, que por sua vez não garantem mudanças comportamentais definitivas. O consumidor na maioria das vezes altera momentaneamente o seu comportamento, buscando uma adaptação à nova condição tarifária, podendo por vezes ou com frequência reincidir nas quantidades anteriores de energia consumida.



Fonte: Haas (1997)

Figura 3.2 – Esquema básico das definições e interações no consumo de energia

3.3.1. O uso racional da energia no Brasil

Enquanto a maioria dos países industrializados buscavam alternativas no setor energético, em decorrência da primeira crise do petróleo (1973) e suas conseqüências, o Brasil manteve a política de desenvolvimento acelerado como tentativa de manutenção do período conhecido como “milagre econômico”. O forte desequilíbrio da balança comercial, principalmente devido às importações de petróleo, seria compensado por operações de crédito externo com taxas de juros flexíveis do sistema bancário privado, cujos recursos estavam vinculados à reciclagem das receitas provenientes do petróleo (LEITE, 1997). A situação vivenciada na época pode ser descrita da seguinte maneira:

A sabedoria ou a imprudência dessa atitude do governo do Brasil, consubstanciada no II Plano Nacional de Desenvolvimento Econômico (PND), tem sido objeto de várias análises e será certamente assunto para novos estudos. A tese, que tem sido defendida pelo ex-ministro João Paulo Veloso e por vários autores que sobre o assunto têm discorrido, é a de que seriam duas as alternativas disponíveis após o primeiro choque dos preços do petróleo, de 1973:

- a) de médio prazo, com adaptação recessiva da economia – ou pelo menos a estagnação temporária – a uma nova estrutura de preços relativos, com a absorção imediata do impacto da elevação do preço real do petróleo; ou
- b) de longo prazo, buscando-se reequilibrar no futuro o balanço de pagamentos do país, através do prosseguimento dos planos de desenvolvimento acelerado que vinham do governo Emílio Médici, baseando-se principalmente em uma política de intensa substituição de importações, implantação de novos setores industriais e fortalecimento da infra-estrutura

econômica. O financiamento externo desse plano seria mais tarde amortizado com os resultados, em renda e divisas, dos novos empreendimentos produtivos.

A maioria dos países industrializados adotou o primeiro caminho. O Brasil partiu em direção oposta e procurou manter o clima de prosperidade. Em particular, não restringiu de forma eficaz o consumo de derivados de petróleo, nem conservou energia de um modo geral (LEITE, 1997, p.220).

A referência cronológica do uso racional da energia no Brasil inicia-se em meados de 1975, quando o Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de Energia (GEFAE) organizou, em colaboração com o Ministério de Minas e Energia (MME), um Seminário sobre Conservação de Energia, tratando-se, portanto de uma iniciativa pioneira no país. Ainda em 1975, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) obteve autorização da Presidência da República para alocar recursos financeiros à realização do Programa de Estudos da Conservação de Energia, passando a desenvolver e apoiar estudos visando a busca de maior eficiência na cadeia de captação, transformação e consumo de energia (LA ROVERE, 1994).

Desde então presenciaram-se ações cíclicas do governo visando a racionalização do uso da energia, inicialmente através da participação do MME, da FINEP, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) – São Paulo e empresas públicas, sendo inicialmente direcionadas tais ações para as indústrias e transportes, durante toda a década de 1970 até a segunda metade da década de 1980. Nessa fase, as atenções estavam voltadas para a redução de desperdícios e a substituição do petróleo pela energia elétrica nas indústrias e emprego do álcool combustível no lugar da gasolina, sendo estes últimos com preços subsidiados pelo Governo como forma de incentivo ao seu uso (DIAS; MATTOS e BALESTIERI, 2000).

Dentre os programas de uso racional de energia merece destaque o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) da Eletrobrás, instituído em 1985. A abrangência desse programa foi facilitada em parte pela participação das concessionárias de energia elétrica, como por exemplo, no Estado de São Paulo a Companhia Energética de São Paulo (CESP), Eletricidade de São Paulo (ELETROPAULO) e a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), sendo todas estatais na ocasião, caracterizando-se principalmente pela publicação e distribuição, através dessas, de manuais destinados à conservação de energia elétrica nos vários setores da sociedade (ELETROBRÁS, 2000).

As três concessionárias acima mencionadas, conjuntamente com a Companhia de Gás de São Paulo (COMGÁS), formaram a Agência para Aplicação de Energia que, a exemplo do PROCEL, elaborou uma série de publicações focando o uso energético de forma mais ampla.

Em 1984, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) implementou o Programa de Conservação de Energia Elétrica em

Eletrodomésticos, através de um protocolo e um acordo assinados entre o Ministério da Indústria e do Comércio (MIC) e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), com a interveniência do MME, tendo por objetivo principal contribuir para a diminuição do consumo de energia elétrica nos eletrodomésticos da chamada linha branca, tais como refrigeradores, congeladores, refrigeradores combinados e aparelhos condicionadores de ar domésticos. A partir de 1992, o programa foi renomeado Programa Brasileiro de Etiquetação (PBE)⁴, sendo preservadas as suas atribuições iniciais, às quais foram agregados os requisitos de segurança e o estabelecimento de ações para a definição de índices mínimos de eficiência energética. O programa é coordenado pelo INMETRO, o qual conta com a participação dos fabricantes de eletrodomésticos (através da ABINEE) e do PROCEL (INMETRO, 2001).

Em junho de 1991 foi criado por decreto presidencial o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), sendo coordenado por um grupo composto por representantes de órgãos do governo federal e da iniciativa privada, tendo o apoio técnico e administrativo da Petrobras, a qual engloba o programa em sua estrutura organizacional (PETROBRAS, 2000).

Todavia, em termos de divulgação, a participação do CONPET na sociedade é mais tímida quando comparada com a do PROCEL. Conforme explicação da Agência Nacional do Petróleo (ANP), no caso do setor elétrico existe a previsão, nos contratos de concessão de distribuição, de gastos compulsórios em conservação de energia através de programas executados pelas concessionárias, após aprovação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), não existindo ainda algo similar no setor do petróleo (KRAUSE, 2000).

Ao se analisar a política energética brasileira, levando-se em conta os principais programas de uso racional da energia, verifica-se a tentativa de mudança do comportamento do consumidor através de três caminhos: o **primeiro**, através da divulgação de informações a respeito do uso eficiente da energia, por intermédio dos meios de comunicação de massa; o **segundo**, pela determinação de parâmetros de consumo de energia para alguns equipamentos, como no caso da etiquetação; e o **terceiro**, através de adequações no valor de venda da energia. Diante do exposto, confirma-se a estrutura usual no tocante à abordagem das

⁴ Os produtos etiquetados são os que apresentam etiqueta informativa indicando seus desempenhos de acordo com os critérios estabelecidos. Essa etiqueta pode ser comparativa entre produtos de um mesmo tipo ou somente indicar que o produto atende a um determinado desempenho especificado, podendo ser, ainda, de caráter compulsório ou voluntário (INMETRO, 2001).

questões energéticas avaliada por Haas (1997), através dos parâmetros política, tecnologia e preços, conforme visto na Figura 3.2.

As propostas de convencimento do consumidor em favor do uso racional da energia, da forma como são apresentadas, têm produzido resultados satisfatórios, todavia existe um potencial de economia de energia que deve ser explorado com ferramentas mais eficientes, por intermédio de processos que contemplem a modificação de valores pessoais (perenes) e não apenas a mudança do comportamento (não existe a garantia da formação de novos valores pessoais).

A fragilidade da mudança de comportamento pode ser observada em situações em que o agente modificador, durante um determinado período, por exemplo, é o financeiro (mudança na estrutura de preços), o qual impõe determinados padrões de consumo. Aqui surgem algumas situações interessantes: uma seria a absorção das novas condições de mercado, seguida do retorno aos antigos níveis de consumo; uma outra surgiria quando suspende-se a ação de cunho financeiro (normalmente visto como forma de penalização), ocorrendo em seguida, de forma gradativa, a reincidência dos níveis de consumo anteriormente praticados.

3.4. ASPECTOS EDUCACIONAIS NO USO DA ENERGIA

Tanto o CONPET quanto o PROCEL, no contexto educacional, partem de conceitos técnicos já definidos e consagrados pelo uso, para posteriormente adequá-los às pessoas. Nessa adaptação, observa-se o surgimento de alguns problemas de adequação da linguagem, de atualização de informações e a presença de alguns vícios conceituais resistentes. A conservação de energia, à medida que avança em termos de redução dos desperdícios, depara-se com uma série de barreiras, que estão relacionadas aos aspectos éticos e estéticos da sociedade, dentre elas as **barreiras comportamentais**; as mudanças de atitude, por parte dos consumidores de energia, constituem a última e mais difícil fase de ser trabalhada em termos de nível de intervenção voltada à conservação de energia (LA ROVERE, 1985).

Neste ponto, a educação, aplicada ao entendimento da energia e seu uso eficiente, torna-se uma ferramenta de considerável potencial de abrangência, tendo-se em vista o poder multiplicador que representam os professores e estudantes. Entretanto, o processo educacional deve ser avaliado permanentemente quanto ao seu conteúdo, bem como na sua capacidade de sensibilização dos indivíduos. Uma informação inadequada nessa etapa da construção do conhecimento do indivíduo pode proporcionar efeitos negativos de proporções indesejáveis.

A partir das considerações acima, surgem algumas importantes questões:

- Será que a população está preparada para compreender as informações veiculadas através do *marketing*?
- Não seria mais construtivo e econômico investir em educação?

Numa rápida alusão a estes questionamentos, apresentam-se exemplos que ilustram de forma perversa a questão: verifica-se na prática, numa parte da população brasileira, a colocação de garrafas plásticas sobre os medidores de energia elétrica, caracterizando-se tal falácia como um esquema conceitual alternativo de economia de energia; é patente, especialmente nas grandes cidades, a condução inadequada de veículos automotores, quase sempre associada à opção pelo transporte individual; observa-se a falta de planejamento na disposição dos resíduos provenientes das atividades humanas, bem como a falta de iniciativa para uma ação local efetiva, tendo-se em vista um resultado global (por exemplo, um indivíduo ao utilizar uma lâmpada mais eficiente, estaria, numa escala maior, contribuindo para a redução do efeito estufa).

Através de atividades e programas como o PROCEL, é possível mostrar a viabilidade do investimento em conservação de energia. Os resultados de tais atividades estão no Relatório Síntese dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – Ciclo 1998/1999 – ANEEL (1999); verificam-se os investimentos realizados por dezessete empresas concessionárias de energia elétrica, conforme estabelecido pela Resolução 242/98 da própria Agência. Analisando-se dito relatório, observam-se duas linhas de ação: a primeira é de cunho técnico e possui a finalidade de reduzir as perdas e investir em equipamentos no sistema elétrico nacional e nos setores produtivos; a segunda é destinada à sociedade, a qual subdivide-se em atividades educacionais, de treinamento, de *marketing* e institucionais.

Dentro dessa segunda linha de ação, os investimentos educacionais são os mais atrativos, pois possuem um custo pela energia economizada de cerca de R\$ 0,02/kWh. Nesse cenário, a educação mostrou-se como um dos importantes elementos no contexto estratégico que representa o uso racional da energia elétrica, cujos resultados, no consumo de energia, a colocaram em terceiro lugar frente a todas atividades, e em primeiro lugar dentre as sociais. A Tabela 3.1 mostra o resumo das atividades destinadas ao uso racional da energia elétrica, conforme o relatório da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 1999), sendo a coluna “custo da economia” calculada com base nos valores das colunas “investimentos” e “energia economizada”.

Tabela 3.1 – Resumo do Relatório Síntese dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica Ciclo 1998/1999

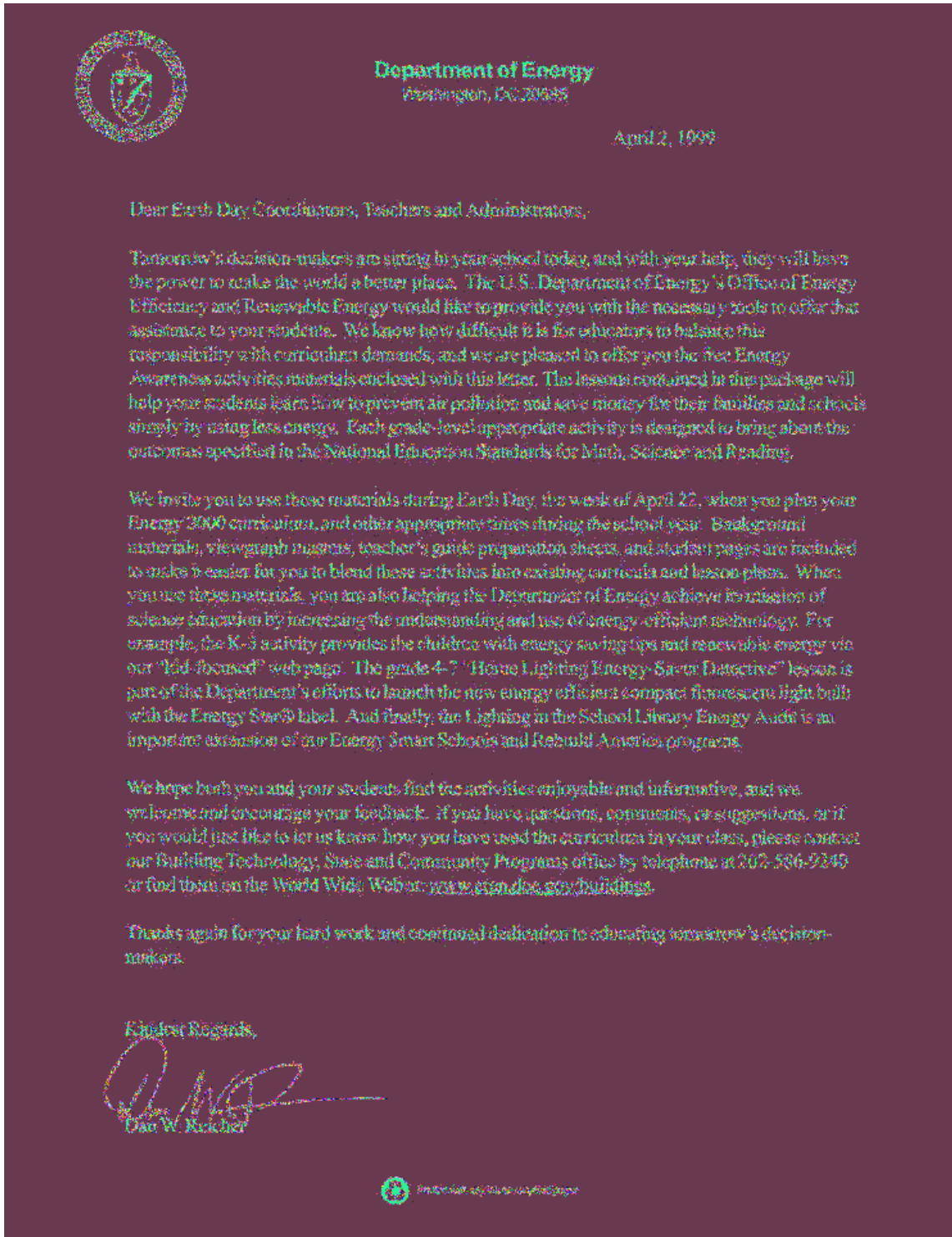
Tipo de Atividade	Energia Economizada (GWh/ano)	(%)	Demanda Retirada - Ponta (MW/ano)	(%)	Investimentos (1999) (R\$ mil)	(%)	Custo _{economia} (R\$/kWh)
Iluminação pública	172,87	22,9	38,12	15,3	31133,03	15,9	0,18
Residencial	21,99	2,9	9,44	3,8	6265,15	3,2	0,29
Industrial	64,02	8,5	15,87	6,4	7419,79	3,8	0,12
Prédios públicos	21,68	2,9	3,59	1,4	5277,22	2,7	0,24
Comercial	17,86	2,4	2,58	1,0	5188,07	2,6	0,29
Educacional	69,71	9,2	7,55	3,0	1452,47	0,7	0,02
Treinamento	8,89	1,2	-	-	365,59	0,2	0,04
Marketing	0,72	0,1	-	-	6246,66	3,2	8,67
Institucional	1,06	0,1	0,02	0,0	829,32	0,4	0,78
Rural	7,79	1,0	4,01	1,6	573,35	0,3	0,07
Fator de carga	-	-	36,56	14,6	33218,89	16,9	-
Perdas	368,01	48,8	131,85	52,8	98156,19	50,0	0,27
TOTAL	754,60	100,0	249,59	100,0	196125,73	100,0	0,26

De acordo com Schipper e Haas (1997), o envolvimento de escolas favorece a divulgação do desenvolvimento tecnológico, uma vez que as pessoas estão na raiz do consumo energético. Os consumidores necessitam ser educados acerca da importância do uso racional da energia, mesmo que a economia obtida represente uma pequena fração dos custos operacionais de um negócio, ou de uma residência (GELLER *et al.*, 1998).

A educação envolvendo as questões energéticas, em todos os níveis, constitui numa abordagem estratégica aos países, pois estar-se-ia criando um instrumento de conscientização visando contribuir para o desenvolvimento sócio-econômico numa estrutura sustentável. Tal ação possui condições de proporcionar melhorias à qualidade de vida, como por exemplo, em termos sociais, a criação de novos postos de trabalho (DINCER, 1999).

A preocupação com os projetos educacionais tem marcado presença nos programas de conservação de energia, como por exemplo na Inglaterra através do *the Home Energy Conservation Act* (HECA), editado em 1995, o qual obriga as autoridades locais a se mobilizarem a fim de obter eficiência energética, considerando-se as várias linhas de ação, nos segmentos públicos e privados, objetivando uma redução de 30% do total consumido nos próximos 10-15 anos (JONES; LEACH e WADE, 2000). Nos Estados Unidos, sob a orientação do *Department of Energy* (DOE), através do *Office of Energy Efficiency and Renewable Energy* (EREN), com relação ao planejamento de ensino de 2000, as instituições de ensino receberam a responsabilidade de conduzir os programas de conservação de energia, com o apoio do governo e das entidades relacionadas com o setor energético, pois compete à

escola o papel de educar dentro de uma proposta pedagógica (DOE, 1999). A Figura 3.3 reproduz a carta enviada às escolas pelo DOE.



Fonte: DOE (1999)

Figura 3.3 – Carta encaminhada pelo DOE às escolas na ocasião do *Earth Day*

Diante do exposto, verifica-se que tanto o CONPET quanto o PROCEL, através dos seus programas educacionais, “O Conpet na Escola” e o “Procel nas Escolas”, vêm desenvolvendo de forma pioneira as suas atividades e, como no caso do PROCEL, demonstrando a sua capacidade de economizar energia. Todavia, existe um potencial de economia de energia – nos países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), estima-se que 30% da energia total consumida possa ser economizada (WEBER, 1997) – que necessita ser explorado, principalmente através do aperfeiçoamento das metodologias educacionais voltadas ao uso racional da energia.

O processo de ensino-aprendizagem, levando-se em conta o uso da energia e suas conseqüências, deve ser pautado pela compreensão dos elementos que participam na formação das pessoas, através da **construção de valores individuais** que favoreçam a percepção e a aceitação do conhecimento que irá conduzir o indivíduo a um **comportamento coerente com o uso eficiente da energia**. Tais fatos são aceitos como bases que darão suporte à construção do modelo educacional pretendido por este trabalho.

CAPÍTULO 4

A APRENDIZAGEM NO CONTEXTO DO USO DA ENERGIA

4.1. INTRODUÇÃO

A transferência da informação constitui um dos principais fatores para a perpetuação de fatos e idéias, bem como uma poderosa ferramenta de criação e transformação de conceitos e processos, ao longo da evolução humana. O desenvolvimento da linguagem falada e escrita possibilita a constante aprendizagem através da organização do pensamento e da capacidade de planejar ações. Mas a conexão entre a informação e a ação, num determinado contexto, está longe de ser um processo simples e imediato, pois a criação e a modificação de valores dependem das estruturas social, cultural, educacional e econômica nas quais o indivíduo está inserido.

4.2. ALGUNS ASPECTOS DO COMPORTAMENTO HUMANO

Na concepção de procedimentos que modifiquem o comportamento humano, ou estabeleçam uma nova maneira de agir, normalmente é definida uma série de parâmetros que visam conduzir as ações a um objetivo final, para posteriormente adaptar a quem se destina, nesse caso, a pessoa⁵. Nessas circunstâncias torna-se comum a ocorrência de insatisfações nos resultados alcançados nos vários segmentos sociais; não é raro, por exemplo, ouvir-se que um determinado sistema computacional é ótimo, quem atrapalha é o usuário. Então, para quem foi feito tal sistema? Qualquer que seja o projeto que envolva pessoas, a inserção das mesmas desde o início representa uma condição qualitativa ao que se pretende realizar.

O estudo do processo em que se dá a assimilação das informações pelo indivíduo pertence à Psicologia; todavia, os resultados obtidos são de fundamental importância a quem se encontra incumbido de desenvolver estruturas para a formação do indivíduo ou para a difusão do conhecimento, como, por exemplo, um programa de uso racional de energia. A esse respeito, Stern (1992) estabelece as várias faces da questão com relação à conservação de energia.

⁵ Os principais exemplos estão nos textos técnicos destinados ao cidadão comum.

Estudos psicológicos mostram que informação e capital, duas das principais ferramentas políticas para a conservação de energia, são mais complexas e multidimensionais do que assumem as análises técnicas de política econômica, e que o capital não é o único motivo importante para a conservação.

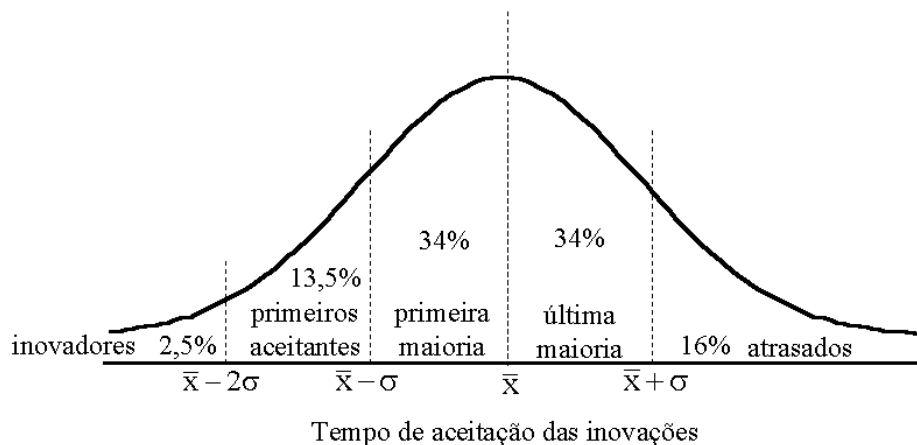
Antes de discorrer sobre os aspectos do comportamento humano relevantes ao uso de energia, cabe aqui estabelecer uma diferenciação entre **atitude** e **comportamento**. A **atitude** é uma predisposição assimilada pelo sujeito para responder conscientemente, de maneira favorável, ou desfavorável, em relação a um objetivo ou representação simbólica. O **comportamento** consiste na provável maneira de agir em decorrência de uma determinada atitude (MARTINS, 2000). Por exemplo, se alguém tem um opinião desfavorável em relação a uma certa marca de automóvel (atitude), provavelmente não adquirirá tal veículo (comportamento).

Antes da formação de valores pessoais, que irão constituir a atitude, estão presentes as informações, cujas influências não são simultâneas, e a **aceitação** de novas idéias ou atitudes por parte dos indivíduos, ao longo do tempo, pode ser dividida em cinco categorias (ROGERS, 1966):

- a categoria dos **inovadores**, a qual comporta os indivíduos que estão predispostos a experimentar novas idéias; dentre os pré-requisitos de um inovador está a sua condição financeira em absorver os possíveis resultados negativos, devido a uma inovação não lucrativa, e habilidade para entender e aplicar os conhecimentos adquiridos;
- a categoria dos **primeiros aceitantes** é constituída de indivíduos com grande capacidade de formação de opinião, aos quais normalmente são solicitados conselhos e informações sobre uma nova idéia; a conduta de tais pessoas serve de exemplo para os outros membros de um sistema social;
- os integrantes da **primeira maioria** colocam em prática as novas idéias após um período decisório mais longo; com satisfação aderem às inovações, entretanto raramente conduzem um processo inovador;
- para os indivíduos que formam a **última maioria**, a aceitação das novas idéias pode ser caracterizada pela necessidade econômica, ou por uma pressão social crescente; os indivíduos dessa categoria tem consciência da utilidade de novos procedimentos, mas a sua aceitação depende da participação de seus pares;
- os **atrasados** formam a última categoria de adoção; quando finalmente adotam uma inovação, a mesma pode ter sido substituída por uma outra mais recente, ou seja, em

suas atividades é comum o sentimento de alienação em relação às mudanças ocorridas no mundo.

Na proposta de divisão em categorias de aceitantes, de acordo com estudos realizados, dentre as características pessoais avaliadas as de maior importância são: idade, posição social, educação e alfabetização, posição econômica, grau de especialização (dentro de uma dada atividade) e desenvolvimento intelectual (depende de como o intelecto individual, conforme as próprias características, é estimulado no meio social; por exemplo, através de jornais, televisão e/ou outras pessoas). De acordo com Rogers (1966), em certo número de casos empíricos já descritos em trabalhos anteriores, a distribuição dos aceitantes fica próxima da normal, conforme mostrado na Figura 4.1.



Fonte: Rogers (1966)

Figura 4.1 – Classificação dos aceitantes em relação ao tempo de aceitação das inovações

Diante da necessidade de mudança de atitudes, em virtude de uma condição que traga benefícios à sociedade, é importante ter a noção de como a informação se processa e se difunde entre os membros presentes no convívio social. Nesse contexto, a informação por si só, mesmo que seja bem elaborada e com justificativas convincentes, não possui a garantia da sua eficiência quanto à capacidade de promover a alteração de valores pessoais. Esse processo depende de outros fatores, que estão relacionados com as características pessoais dos indivíduos que compõem cada comunidade.

4.3. O COMPORTAMENTO HUMANO E O USO RACIONAL DA ENERGIA

Se a questão do uso racional da energia remonta à década de 1970 e se existem programas ainda hoje ativos que fazem a sua apologia, por que esse tema permanece na ordem do dia com sinais evidentes de sua baixa percepção pelo cidadão comum?

Uma resposta fácil, ainda que plausível, seria o fato de a questão energética mundial oscilar, nas últimas três décadas do século XX, entre situações estáveis e pouco favoráveis⁶, sendo que no primeiro caso abandonaram-se total ou parcialmente as iniciativas que visam conscientizar o indivíduo quanto à necessidade de um uso eficiente da energia; entretanto, há que se considerar a existência de barreiras que limitam a disseminação dessa prática.

De acordo com Weber (1997), as barreiras para o uso eficiente da energia dividem-se em quatro situações, ou na combinação dessas:

- **barreiras institucionais:** causadas por instituições políticas (governos e autoridades locais);
- **obstáculos condicionados pelo mercado:** falta de clareza nas regras a serem adotadas no mercado energético;
- **barreiras organizacionais:** ocorrem dentro de organizações, especialmente em empresas;
- **barreiras comportamentais:** estão nos próprios indivíduos.

As barreiras comportamentais, em virtude de ter o indivíduo como elemento comum, participam nos demais obstáculos. Isso justifica o fato de que os problemas de consumo de energia pertencem ao domínio da tecnologia e as atitudes de conservação da energia pertencem ao domínio da sociedade (WEBER, 1997).

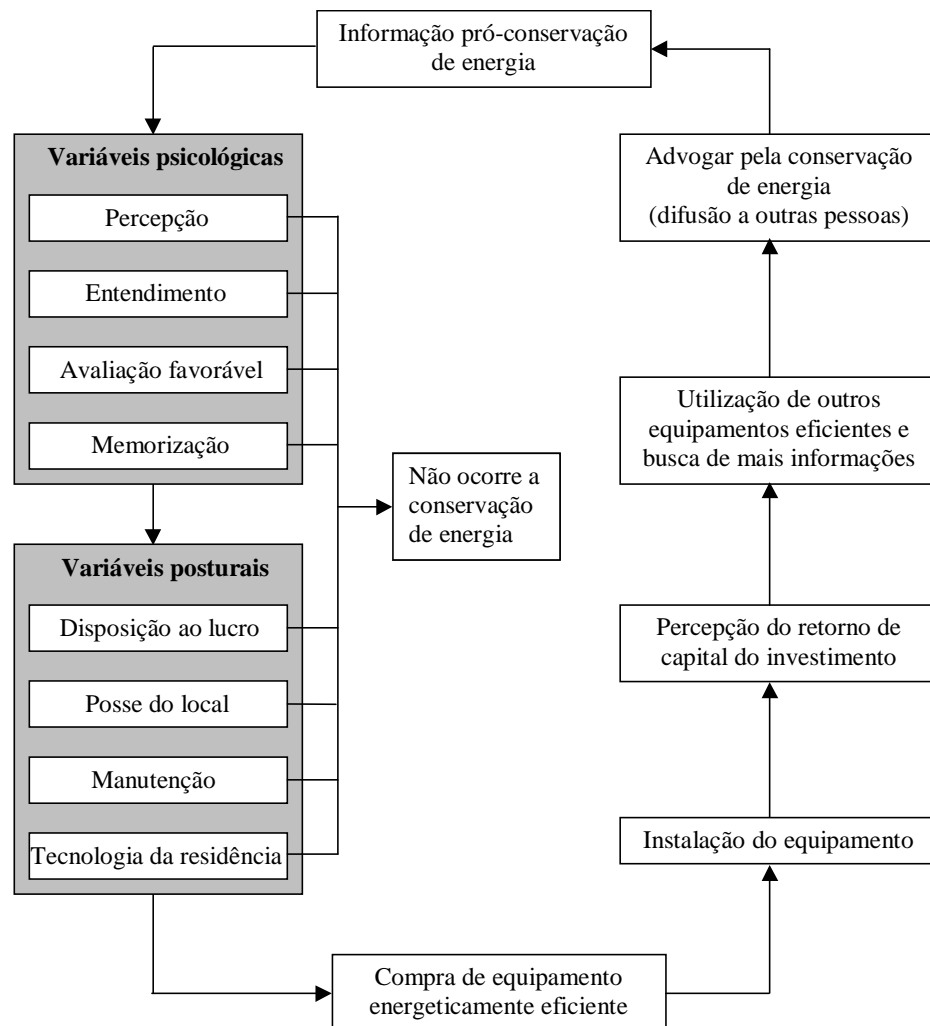
Conforme a opinião dos cientistas comportamentais, ao invés de se assumir que as pessoas investem em eficiência energética se e somente se elas esperarem economizar capital, acredita-se na hipótese de que as pessoas investem em algo pelo fato de terem ouvido tal afirmação por parte de outros indivíduos, e que é verdadeiro o retorno do investimento, ou ainda porque seus amigos já tomaram alguma providência quanto ao uso racional da energia⁷, e estão satisfeitos com os resultados obtidos (STERN, 1992). De acordo com Constanzo *et al.* (1986), as pessoas são mais influenciadas pela redução de perdas do que pela promessa de ganhos através de investimentos. Como exemplo, pode-se citar a tendência dos indivíduos, diante de um processo informativo eficiente, tentarem utilizar melhor os equipamentos, ao invés de substituí-los pelos de tecnologias mais eficientes.

Nesse cenário, o **papel da informação** assume grande destaque, pois a aceitação da mesma não está somente apoiada em seu conteúdo, mas na forma como é oferecida e nos

⁶ Faz-se menção à recente investida norte-americana contra o Iraque (final de 2002 e começo de 2003) quando o preço do barril de petróleo chegou a US\$ 37,70, com pico a US\$ 39,50 na Bolsa de Valores de Nova Iorque. As razões para esse novo fato continuam sendo geopolíticas e econômicas.

⁷ A esse respeito, reiteram-se as categorias de aceitantes de novas idéias e atitudes descritas em Rogers (1966).

processos psicológicos (afetivos e cognitivos) que ela desencadeia no indivíduo. A Figura 4.2 ilustra a **teoria da dissonância cognitiva**⁸, a qual propõe que as pessoas num processo posterior a uma tomada de decisão estarão engajadas em levar à frente os seus objetivos (Constanzo *et al.*, 1986); o caminho inverso também é válido, ou seja, se o indivíduo não for sensibilizado no que diz respeito aos aspectos psicológicos e posturais, advogará contrariamente a uma proposta. Conforme a avaliação de Constanzo *et al.* (1986), uma informação recebida através de meios interpessoais é percebida de uma melhor maneira, favoravelmente avaliada, entendida e memorizada, superando portanto, em termos qualitativos, as informações impessoais.



Fonte: Constanzo *et al.* (1986)

Figura 4.2 – Teoria da dissonância cognitiva relacionada à conservação de energia.

⁸ “A teoria da dissonância cognitiva parte da consideração axiomática de que o ser humano esforça-se por manter um estado de coerência consigo mesmo. Essa coerência, consonância, é obtida por intermédio da harmonia entre as cognições. Quando, por alguma razão, essas cognições não se compatibilizam entre si, surge a dissonância cognitiva, um desconforto psicológico que motivará a pessoa a procurar meios de reduzir ou eliminar essa dissonância (FRANÇA, 1982)”.

Foi observado que os grupos familiares julgam mal a quantidade de energia usada nas atividades domésticas e tampouco as relacionam com os impactos ocasionados ao meio ambiente, e que esses erros persistem mediante determinados processos informativos (STERN, 1992). Tal fato, dentre vários fatores, também é uma consequência da chamada “invisibilidade da energia”, ou seja, na evolução histórica do uso da energia, o ser humano não reconhece hoje a energia como uma mercadoria, que passa pela sua aquisição, uso e descarte; basta lembrar que as pessoas no passado tinham que comprar ou sair à procura de lenha para o cozimento, e que após o seu uso, as cinzas oriundas da queima da lenha tinham que ter alguma disposição final.

A questão não se resume em querer uma volta a outros tempos, mas visa buscar caminhos para que as pessoas resgatem o sentimento de visibilidade da energia de modo a que se tornem sensíveis ao fato de que muitos esforços são necessários para que sua geração, transporte e distribuição se efetivem.

Na divulgação dos conceitos relacionados à conservação de energia nota-se a importância da participação social e da credibilidade da fonte das informações⁹ no processo de superação das barreiras comportamentais. Stern (1992) cita que no final da década de 1970, em Minnesota (EUA), as companhias de energia promoveram programas de auditoria energética em residências, através de três formas de ação: realizadas pelas empresas concessionárias, por empresas contratadas e pela participação das comunidades. As comunidades, além de realizarem as atividades com um custo igual a um terço do que foi praticado pelas concessionárias, sensibilizaram 15% das residências participantes, enquanto que as empresas contratadas atingiram 6% (com a metade do custo das concessionárias) e as concessionárias conseguiram sensibilizar apenas 4% das residências envolvidas. Tal fato encontra respaldo nos trabalhos desenvolvidos por Vygotsky, nos quais o mesmo defende que o processo de ensino-aprendizagem possui um caráter sócio-histórico, ou seja, o desenvolvimento humano depende da interação com outros indivíduos (RATNER, 1995).

⁹ Craig e McCann (apud STERN, 1992) relatam que, na década de 1970, em Nova Iorque (EUA) foi determinada a distribuição de um comunicado sobre os procedimentos para a redução do consumo de energia nos aparelhos de ar condicionado. Os comunicados, com o mesmo conteúdo, foram postados em papel timbrado próprio, tanto pela Comissão de Serviços Públicos do Estado de Nova Iorque quanto pela companhia de energia local, a Con Edison, para grupos distintos de consumidores. No mês seguinte, o grupo de residências que recebeu o comunicado da Comissão Pública economizou 7% no consumo de energia; o outro grupo não apresentou economia. Aparentemente as mensagens enviadas pela Con Edison foram ignoradas ou desacreditadas.

CRAIG, C. S.; McCANN, J. M. Assessing communication effects on energy conservation. **Journal of Consumer Research**, n.5, p.82-88, 1978 apud STERN, P. C. What psychology knows about energy conservation. *American Psychologist*, v.47, n.10, p.1224-1232, 1992.

Desse ponto de vista, a educação é o processo principal na promoção das mudanças efetivas do comportamento humano, permitindo a construção de novos valores e atitudes que favoreçam a cidadania e a participação comunitária. Esse processo permite a criação de parcerias estratégicas, a fim de minimizar as barreiras que possam prejudicar o desenvolvimento sustentável da sociedade humana.

4.4. A APRENDIZAGEM SÓCIO-CULTURAL NO CONTEXTO DO USO DA ENERGIA

Ao longo do processo da evolução humana, o conhecimento construído possui um caráter dinâmico e cumulativo, formado por teses e antíteses, acertos e erros, num grande somatório dos esforços individuais desenvolvidos no decorrer da própria história. A partir dos conceitos e experiências oriundas do desenvolvimento humano, com suas qualidades e limitações, nos quais as informações fornecem condições para a aplicação, contestação e criação de novas idéias, formam-se “**patamares de conhecimento**”. Mas por outro lado, o processo de aquisição do saber pelo indivíduo é caracterizado pela heterogeneidade, pois depende de vários fatores como, por exemplo, as diferenças sociais, culturais e econômicas. A região intermediária entre esses “patamares de conhecimento” e o nível de experiência de cada indivíduo pode ser conceituada, numa perspectiva sócio-interacionista, como de **zona de desenvolvimento proximal**.

O conceito de zona de desenvolvimento proximal pode ser considerado como um conceito específico do modelo de cognição de Vygotsky, talvez o mais divulgado e reconhecido como típico de seu pensamento. A zona de desenvolvimento proximal vem do postulado de que o processo cognitivo é contínuo e dependente da história da sua construção, ou seja, o percurso do desenvolvimento conta com os processos que já estão embrionariamente presentes no indivíduo, mas que só mais tarde irão se consolidar.

A zona de desenvolvimento proximal é, dessa forma, um domínio psicológico em constante transformação. Do ponto de vista da escolha de uma ação pedagógica, esse postulado traz consigo a idéia de que **o papel do professor é de provocar mudanças conceituais nos alunos, que não ocorreriam espontaneamente**. Assim, toda ação pedagógica que segue aquele pressuposto consiste em interferir na zona de desenvolvimento proximal de cada aluno (CASTORINA *et al.*, 1996).

Vygotsky ainda postula que os processos de aprendizado movimentam os processos de desenvolvimento, o que em termos de ensino implica na participação da escola na formação do indivíduo, e destaca a importância da presença de outras pessoas no desenvolvimento

individual, devido à capacidade de internalização de idéias e conceitos quando a informação possui um caráter interpessoal inserido na realidade social.

A partir deste referencial pedagógico, podem ser estabelecidas algumas relações no âmbito do uso racional da energia, ou seja, existe um conjunto de informações consagradas pela sua eficiência em termos justificáveis à sua aplicação e que não se encontra internalizado no indivíduo, de forma a atender às suas necessidades e às do grupo social a que pertence. Entre esses dois níveis, o do conhecimento sistematizado, que promove o desenvolvimento, e o do conhecimento do senso comum, que não estabelece (ou falha em estabelecer) as conexões com o primeiro, encontram-se provavelmente as barreiras relacionadas ao comportamento humano. Nessa região intermediária pode-se, por vezes, observar a **informação interpessoal**, por exemplo, numa conversa informal entre pessoas, superando a **informação impessoal**, como a dos jornais, devido à fragilidade dos conceitos preexistentes. A Figura 4.3 ilustra o conceito de zona de desenvolvimento proximal durante os processos de ensino-aprendizagem e, paralelamente, mostra o mesmo esquema aplicado ao uso racional da energia.

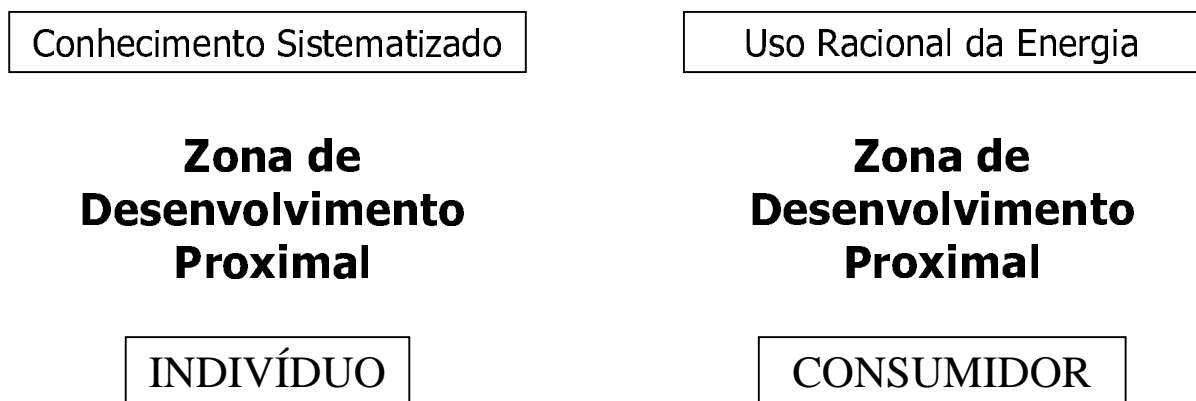


Figura 4.3 – Aplicação do conceito de zona de desenvolvimento proximal no uso racional da energia.

A educação para o uso racional da energia deve, portanto, em primeiro lugar, buscar a inserção do indivíduo no processo de ensino-aprendizagem, para posteriormente agregar as informações diretamente ligadas ao tema. Dessa forma, existe a possibilidade de que sejam identificados, ou pelo menos percebidos, os elementos que favorecem o surgimento de barreiras e como contorná-las mediante um procedimento educacional. Nesse sentido, um dos caminhos a ser percorrido seria o do desenvolvimento de tópicos pertinentes à realidade local

do indivíduo, para só então realizar a extrapolação para outros temas, ou seja, a **contextualização da conservação de energia**.

O professor, dentro dessa perspectiva, assume o papel de mediador entre as informações presentes no ensino da conservação de energia e o universo conceitual do estudante, através da demonstração, da participação, do questionamento e da informação propriamente dita. A partir de diretrizes definidas segundo critérios estratégicos para o desenvolvimento sócio-econômico em atividades de médio e longo prazos, o docente deve receber o suporte da sociedade como um todo. As entidades públicas, em particular as universidades, em parceria com a iniciativa privada, possuem potencial para oferecer auxílio às escolas, no desenvolvimento de um trabalho que atenda às comunidades que compõem o ensino fundamental, médio e superior. A educação deve ser oferecida por quem tenha condições de respeitar o processo cognitivo, esteja atento aos processos afetivos que possam surgir e que tenha o domínio necessário, conforme a área de atuação, dos conceitos referentes ao uso racional da energia.

A participação das empresas públicas e privadas deve se restringir ao fornecimento de recursos e informações que colaborem com o sistema educacional. A estruturação de uma proposta de Ensino em Energia, nos moldes atuais, tem a sua origem em ações governamentais, impondo às empresas do setor energético uma atividade que pode não estar alinhada com seus objetivos finais (produtos e serviços). Nesse sentido, torna-se fundamental a presença das Instituições de Ensino, em todos os níveis, pois o seu objetivo final é a própria Educação.

Outro elemento de relevância dos estabelecimentos de ensino é a capacidade de neutralidade, até onde seja possível, diante do poder do capital, de forma a desenvolver com alguma imparcialidade os programas de conservação de energia, visando-se à capacitação de indivíduos para a cidadania. A concretização desse cenário depende de ações governamentais que forneçam condições e apoio às instituições de ensino e estabeleçam regras que estimulem e garantam o suprimento de recursos.

A esse respeito, há fatos que atestam a viabilidade dessa iniciativa; a importância da educação em energia levou o Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) a mobilizar as Instituições de Ensino daquele país de modo a inserir a abordagem da questão energética na programação curricular, no ano 2000, envolvendo diretamente os professores, dando-lhes o suporte necessário através de um programa nacional (DOE, 1999). As escolas norte-americanas, nos níveis *elementary*, *middle* e *high school*, correspondentes aos níveis

fundamental e médio nos estabelecimentos de ensino brasileiros, desenvolveram os conteúdos programáticos, conforme proposto pelo DOE, na seguinte seqüência:

- **A necessidade da energia:** define-se energia, e descreve-se como a mesma é transferida e convertida de uma forma para outra de acordo com as Leis da Termodinâmica, e explica-se como a energia flui através de sistemas vivos e não-vivos.
- **Recursos energéticos:** apresentam-se as fontes de energia e como as pessoas, através da tecnologia, usam-nas para atender às necessidades individuais e sociais. Nessa abordagem, os indivíduos são levados a refletir sobre a percepção da energia no cotidiano.
- **Os efeitos do uso da energia:** avalia-se como o uso da energia afeta a sociedade humana e o meio ambiente.
- **Gerenciamento do uso da energia:** identificam-se estratégias que possam colaborar na solução de várias situações presentes na abordagem anterior. Discute-se também como as decisões tomadas na atualidade irão impactar na disponibilidade futura dos recursos energéticos.

Sendo o processo de ensino-aprendizagem fundado no indivíduo e na sua interação com outras pessoas, torna-se inevitável uma discussão sobre a participação da tecnologia nesse processo. Hoje se dispõe de uma série de recursos tecnológicos, tais como as estruturas de comunicação em massa e a informática, que aparentemente conferem a idéia de “mediadores do conhecimento” e que realmente podem assumir o lugar do “outro social”, participando na organização do mundo cultural que rodeia o indivíduo. Todavia, quando a aprendizagem constitui-se num resultado desejável de um processo deliberado, explícito, intencional, a intervenção pedagógica (interpessoal) é um mecanismo privilegiado (CASTORINA *et al.*, 1996). Dessa forma, a tecnologia deve representar mais uma ferramenta, tal como outros recursos didáticos, que amplie a ação dos envolvidos no processo educacional (FALZETTA, 2000).

De acordo com o exposto, a explicação de Haas (1997) a respeito dos parâmetros que afetam o estilo de vida do consumidor em relação ao uso da energia, apresentado na Figura 3.2 (Capítulo 3), nota-se a necessidade da inserção de mais um elemento – o **Sistema Educacional** – como o elemento de mitigação das barreiras presentes no comportamento do consumidor, através dos processos formal e informal de educação. O processo formal de educação tem as suas bases no conhecimento sistematizado a partir de estruturas adequadas ao ensino, como por exemplo, nas escolas e universidades; o processo informal leva em conta a

capacidade do indivíduo, submetido ao processo formal, em difundir os conceitos aprendidos e aplicá-los no âmbito comunitário. Nesta proposta, no que se refere ao indivíduo, **o alvo é deslocado do comportamento para a criação de novos valores**, que por sua vez participam numa dimensão psicológica cujos resultados tendem a ser mais efetivos, tanto na assimilação de conceitos quanto na coerência das ações individuais em prol da sociedade.

A Figura 4.4 mostra o Sistema Educacional participando como um caminho alternativo às formas tradicionalmente empregadas para o convencimento do indivíduo quanto ao uso racional da energia, por meio da influência das políticas energéticas e das inovações tecnológicas.

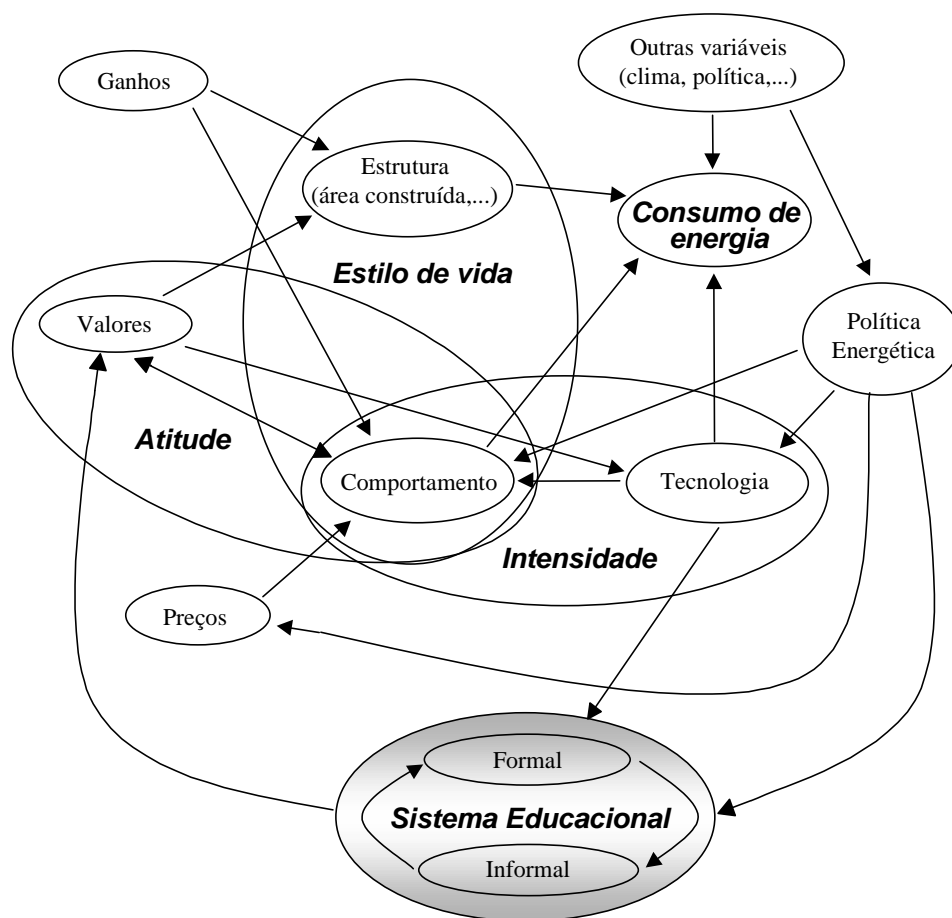


Figura 4.4 – Proposta de inserção do sistema educacional na modificação do comportamento individual, através da construção de novos valores, e os fatores externos no contexto energético

A modificação ocasionada no estilo de vida de um indivíduo através do processo educacional, contextualizado na conservação de energia, proporciona uma postura consciente e duradoura diante de temas que envolvem a questão energética. Dessa forma, as atitudes individuais ficam mediadas pelos conhecimentos sistematizados, havendo portanto a conexão

entre o que foi aprendido nos ambientes que conduzem os processos educacionais e nas atividades cotidianas.

Ao se escolher o Sistema Educacional como a estrutura adequada ao fornecimento dos elementos de convencimento da sociedade quanto ao uso eficiente da energia, cria-se a necessidade de que as informações sejam apresentadas através de critérios que assegurem a qualidade do processo de ensino-aprendizagem, respeitando-se as normas e metas para o desenvolvimento da educação. Isto exige, por sua vez, a estruturação de uma concepção ou modelo educacional que tenha como base os conceitos até aqui discorridos, ou seja, que faculte a superação das barreiras comportamentais ao atuar sobre os processos afetivos e cognitivos dos sujeitos da ação, e que seja estruturado a partir do conceito de zona de desenvolvimento proximal proposto por Vygotsky.

CAPÍTULO 5

MODELO EDUCACIONAL PARA O USO RACIONAL DA ENERGIA

5.1. INTRODUÇÃO

A mudança de comportamento das pessoas, no que diz respeito ao uso racional da energia, necessita de critérios que conduzam à formação de novos valores a partir do saber que possibilita o desenvolvimento sócio-econômico das populações, levando-se em conta o respeito tanto pelo ser humano quanto pelo meio ambiente.

O processo educacional tratado com responsabilidade constitui-se em ferramenta com grande potencial de mobilização da sociedade no que se refere à assimilação e aplicação de conceitos pertinentes às áreas do conhecimento humano. Qualquer programa direcionado ao ensino do uso da energia deve buscar objetivos relacionados com os três domínios da educação: cognitivo, afetivo e psicomotor (KANDPAL; GARG, 1999).

A proposta aqui defendida visa respeitar os preceitos da política educacional brasileira, em termos legais e estruturais, para a criação de um modelo de educação voltado ao uso racional da energia.

5.2. A CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA ATRAVÉS DA EDUCAÇÃO EM ENERGIA

O estudo e a compreensão dos processos relativos às transformações energéticas possibilitam a discussão de temas que não ficam restritos somente aos aspectos tecnológicos, pois os elementos envolvidos integram um cenário mais amplo, no qual estão presentes, principalmente, os modelos adotados de desenvolvimento social, político e econômico, os interesses geopolíticos e a preservação ambiental. A participação consciente das populações diante de uma proposta de desenvolvimento sustentável, respeitando-se as características próprias de cada localidade, possibilitará uma melhor condição de controle sobre as variáveis que compõem os sistemas energéticos.

Nesse contexto, no qual a participação da sociedade apresenta-se como condição fundamental para uma condução satisfatória de atividades que preconizem o uso racional da energia, a educação constitui um dos melhores caminhos para a divulgação dos conceitos referentes à energia e suas implicações no desenvolvimento humano.

No Brasil, as diretrizes e bases da educação são definidas pela Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996, a qual em seu Artigo 2º estabelece os princípios e fins da educação nacional:

Art. 2º A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos novos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (MEC, 1996).

Todavia, colocar em prática os preceitos da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) requer estruturas que favoreçam a sua aplicação, de forma que se evitem contradições entre as propostas e as ações educacionais, bem como criar parâmetros que garantam o mínimo de qualidade no processo de ensino. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), elaborados tanto para o ensino fundamental quanto para o ensino médio, identificam e esclarecem os elementos que reforçam a importância da educação aplicada à cidadania e ao desenvolvimento de temas transversais¹⁰, através da contextualização¹¹ do processo de ensino-aprendizagem.

A composição do processo de ensino-aprendizagem, em bases coerentes com a LDB, envolve uma outra questão de relevância dentro das instituições de ensino: o livro didático. Os critérios que asseguram a qualidade dos livros didáticos, como por exemplo no ensino fundamental, estão presentes no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Muitas publicações não estão em conformidade com as propostas curriculares e projetos elaborados pelas secretarias de educação; algumas são desatualizadas quanto às informações e teorias importantes, ou ainda, contém erros inaceitáveis e/ou divulgam valores incompatíveis com a construção da cidadania (MEC, 2002). Por exemplo, no PNLD/2002 – Coleções de 5ª a 8ª séries – antes da recomendação de um livro, o mesmo é primeiramente submetido a critérios eliminatórios¹² para posteriormente ser classificado, mediante um processo de avaliação, em três níveis: recomendado com distinção, recomendado e recomendado com ressalvas.

¹⁰ Os temas transversais integram várias disciplinas, transmitindo às pessoas envolvidas uma idéia não fragmentada do conhecimento, expondo os problemas sociais e urgentes, considerados de abrangência nacional e até mesmo mundial (MEC, 1998a).

¹¹ A Contextualização sociocultural, no que se refere às Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias, compreende as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade e ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade, bem como entendendo o impacto das tecnologias associadas às ciências naturais, na vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social (MEC, 1998b).

¹² Os critérios eliminatórios são constituídos de alguns itens, dentre eles: incorreção dos conceitos e informações básicas, incorreção e pertinência metodológicas, não contribuir para a construção da cidadania e riscos à integridade física (MEC, 2002).

Com relação ao ensino do uso racional da energia nos países em desenvolvimento, somente alguns países possuem seus próprios programas de educação nesse campo. Mesmo assim, são vários os desafios para a implementação de um programa adaptado à realidade educacional das comunidades, que em certas circunstâncias, deparam-se com a falta de professores preparados, livros com textos inadequados e carência de recursos. Os atuais esforços na busca de comunicar os temas relacionados com a energia tem sido feitos de forma independente, levando à falta de continuidade dos programas, à repetição de investimentos em programas ineficientes, além do tratamento superficial dos tópicos abordados (KANDPAL; GARG, 1999).

Entretanto, os países desenvolvidos possuem suas próprias barreiras, as quais são mais influenciadas pelo poder do capital, como por exemplo, a resistência à adoção de medidas de uso racional de energia frente ao maior poder aquisitivo de determinados consumidores e/ou organizações.

A construção da cidadania através da educação em energia tem como desafio explicar de forma inteligível as transformações energéticas e suas implicações, utilizando-se de termos simples e que façam sentido às pessoas, que em última análise são os consumidores. Tendo-se em vista essa responsabilidade, o processo de educação do consumidor de energia não deveria ser tratado como uma campanha de *marketing* disfarçado com outro nome (WIMBERLY; MALLOY; LIERI, 1999).

5.3. MODELO EDUCACIONAL

É oportuno destacar que **não há método único de ensino**, mas uma variedade de métodos, cuja escolha depende dos conteúdos do que se pretende abordar, das situações didáticas específicas e das características sócio-culturais e de desenvolvimento das pessoas envolvidas (LIBÂNEO, 1992).

A proposta educacional para o uso racional da energia, presente neste trabalho, adota como referencial teórico o **sócio-interacionismo**, através da valorização da participação interpessoal nos processos de ensino-aprendizagem, em estruturas formais e informais de educação.

O método desenvolvido tem por objetivo proporcionar aos professores uma visão ampla sobre as questões pertinentes ao uso da energia, bem como o desenvolvimento de estratégias didáticas na superação das barreiras comportamentais das pessoas. De acordo com Libâneo (1992), se o professor não domina o conteúdo que ensina, não saberá conversar com os alunos

sobre os conhecimentos e experiências que trazem para a sala de aula. Nesse contexto, a organização do trabalho do docente, diante de uma estruturação pedagógica, possibilitará o direcionamento e o provimento das condições e modos de estimular o estudo ativo, através do incentivo, do destaque acerca da importância do que está sendo ensinado, do estabelecimento de vínculos entre as áreas do saber e o cotidiano, do auxílio aos estudantes, do elogio e da correção (com sensibilidade e responsabilidade) quanto aos resultados obtidos no processo educacional e da participação social.

Na elaboração de programas educacionais para o uso racional de energia nas escolas é fundamental garantir ao professor uma estrutura pedagógica que possa ser agregada aos seus conhecimentos específicos prévios, de forma que o mesmo possa desenvolver seu próprio planejamento escolar, contemplando não só características locais, mas também as dos estudantes. A universidade tem se configurado como o local mais apropriado para desenvolver esse trabalho de apoio ao professor, em parte por sua proximidade com as linhas de pesquisa de ponta e em parte pela sua preocupação com a formação de docentes e profissionais.

A estrutura pedagógica para o ensino da conservação de energia estaria, dessa forma, presente em programas de educação continuada, objetivando a sensibilização do docente, independentemente do nível de atuação do mesmo, enfatizando-se a adequação das atividades conforme seu público alvo.

Para os que trabalham no ensino fundamental e médio, sugere-se a apresentação de conceitos básicos ligados ao uso da energia e suas conseqüências ao meio ambiente, a partir de observações locais; estabelecer relações do estilo de desenvolvimento das sociedades e os interesses geopolíticos. Para os professores do ensino superior estaria a responsabilidade da estruturação do conhecimento específico, de forma estratégica, visando-se a formação de professores e profissionais que possam vir a atuar no setor energético, sinalizando a importância do envolvimento humano na busca de um modelo sustentável de desenvolvimento.

5.3.1. Ensino fundamental e médio

Para Delizoicov e Angotti (1992), a abordagem do conceito de energia, bem como as transformações a ela associadas, é mais apropriada, em média, a partir da 6^a série do ensino fundamental, devido ao grau de abstração exigido do estudante. Para as séries anteriores,

torna-se preferível descrever a dinâmica da natureza, por intermédio da generalização dos processos de transformação.

O modelo educacional desenvolvido para o ensino fundamental tem como ponto de partida a aplicação de um **material paradidático**, decorrente da própria pesquisa, balizado pelas indicações presentes nos PCN's. Os conceitos e procedimentos envolvidos no uso racional da energia são capazes de promover o processo de integração do conhecimento como, por exemplo, o uso de combustíveis fósseis que, do ponto de vista da Geografia e da História, permite avaliar as pressões de origem financeira e geopolítica que acarretaram o atual modelo de consumo; através da Matemática, da Química e da Física é possível relacionar os tratamentos numérico e conceitual dos processos envolvidos, por intermédio de uma abordagem científica; por intermédio da Biologia e da Química podem ser avaliados os impactos ambientais associados ao uso dos combustíveis; e, principalmente, do ponto de vista da língua escrita e falada, através da integração dos saberes para a elaboração (organização) e transmissão de idéias. Além disso, existe a possibilidade de todas essas disciplinas estarem participando simultaneamente na análise de determinadas situações, sendo portanto mais uma ferramenta que contribui para o processo de ensino-aprendizagem. Tais exemplos constituem uma pequena amostra do que um tema transversal pode gerar, exigindo dos professores muita criatividade, pois os procedimentos interdisciplinares, em sua maioria, precisam ser construídos.

O conteúdo do **material paradidático** é dividido em cinco partes: o texto principal, o texto secundário (notas complementares ao texto principal, as quais fornecem explicações e/ou citam outras fontes de pesquisa), as atividades propostas (sugerem atividades, a partir de elementos presentes no cotidiano das pessoas, com objetivos e orientações específicas), os exemplos de aplicação (propõem-se cálculos, sob a forma de roteiros, destinados à avaliação de situações com potencial de economia de energia) e as referências bibliográficas. No conjunto, os conteúdos propostos visam estabelecer uma forma alternativa de encarar as questões relacionadas ao uso da energia, por intermédio de um processo educacional que proporcione uma melhor compreensão dos conceitos envolvidos e garanta a obtenção do máximo proveito das informações disponíveis no cotidiano das pessoas. A Figura 5.1 mostra a esquematização dos conteúdos, bem como o inter-relacionamento entre os mesmos, de forma a orientar o processo didático mediante a visualização do conjunto da obra.

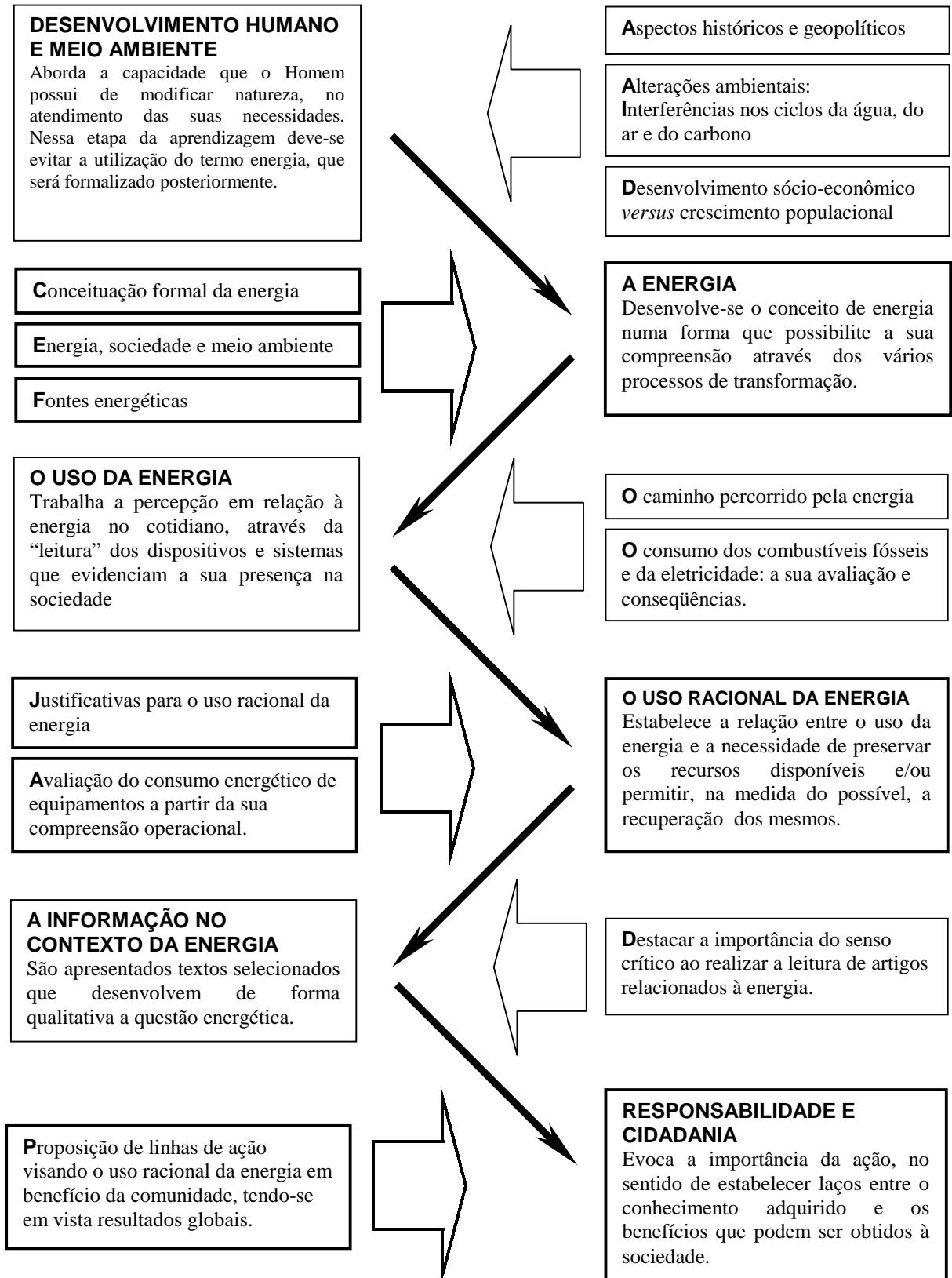


Figura 5.1 – Esquematização dos conteúdos para o ensino do uso racional da energia

No Capítulo 1 do material paradidático são discutidos os aspectos evolutivos da espécie humana e as conseqüentes transformações à qual a natureza foi submetida em nome do desenvolvimento social, político e econômico. Nele pretende-se promover uma discussão inicial a respeito da capacidade que o Homem tem de modificar o meio ambiente para o atendimento das suas necessidades sem, no entanto, mencionar o termo energia, apesar de o mesmo estar ali implícito (a energia por ser uma definição abstrata, merece ser discutida primeiramente através dos processos observáveis no meio ambiente). Os assuntos selecionados são encadeados conforme o exposto na Figura 5.2.

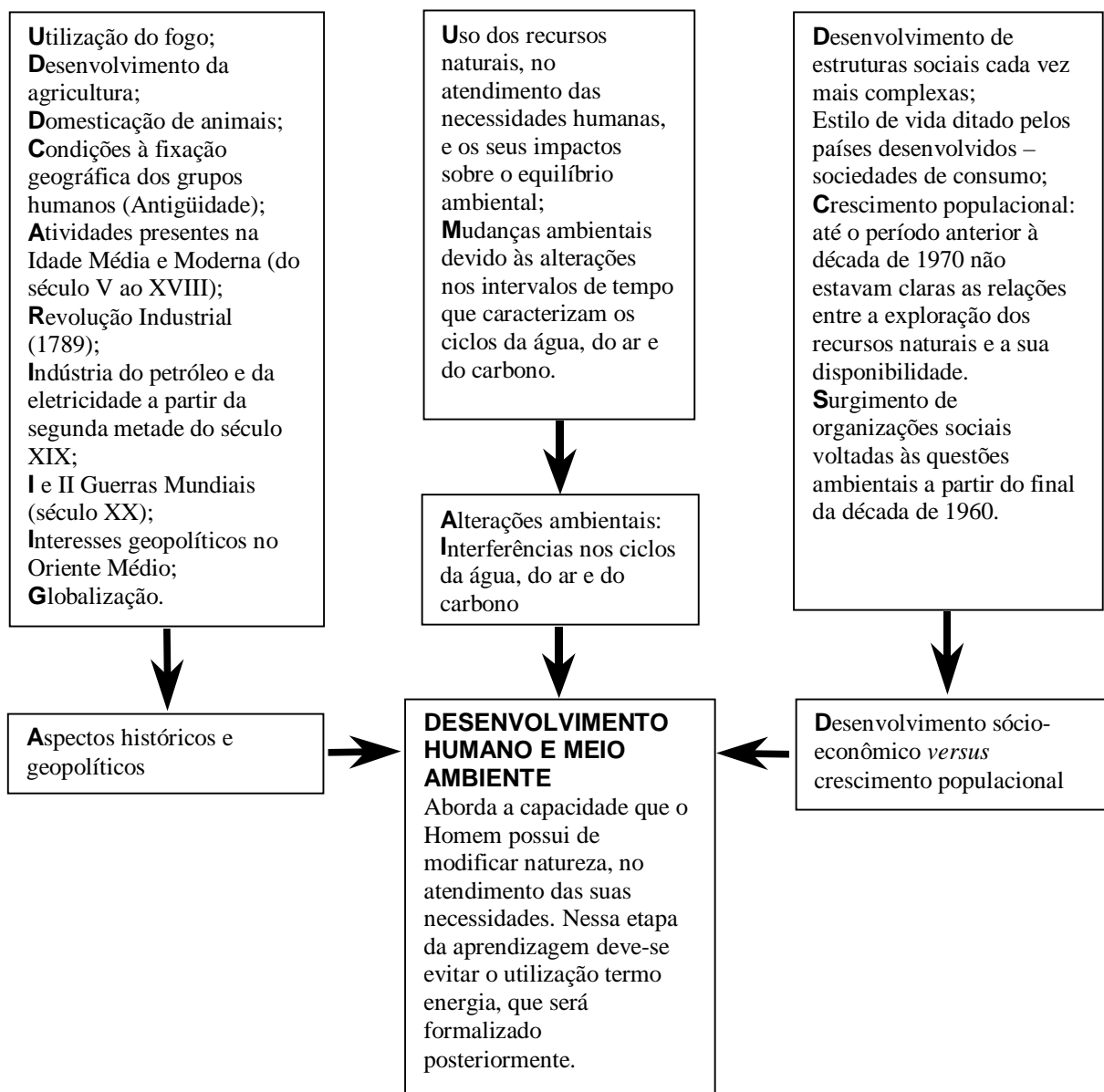


Figura 5.2 – Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 1 do material paradidático

A definição da energia e as formas pela qual a mesma é disponibilizada ao consumo da sociedade é objeto do Capítulo 2 do material paradidático. A energia é apresentada mediante a adequação da linguagem, como um processo participante no cotidiano da sociedade, mostrando-se que a mesma se encontra definida no âmbito da Física, particularmente à Segunda Lei da Termodinâmica, a qual impõe um sentido no aproveitamento energético e, portanto, que está sujeita às irreversibilidades presentes nos sistemas¹³. As transformações energéticas, juntamente com as suas conseqüências à sociedade e ao meio ambiente, constituem o mote que estabelece a conexão entre o uso final da energia e a exploração dos recursos naturais. Com respeito aos conceitos pertinentes à energia, existe a preocupação em mostrar as principais unidades de medida, de forma a criar um senso crítico em relação às informações que têm sido veiculadas nos meios de comunicação de massa, como, por exemplo, em textos que confundem potência com energia. Na Figura 5.3 estão destacados os elementos participantes no ensino do assuntos relacionados à energia.

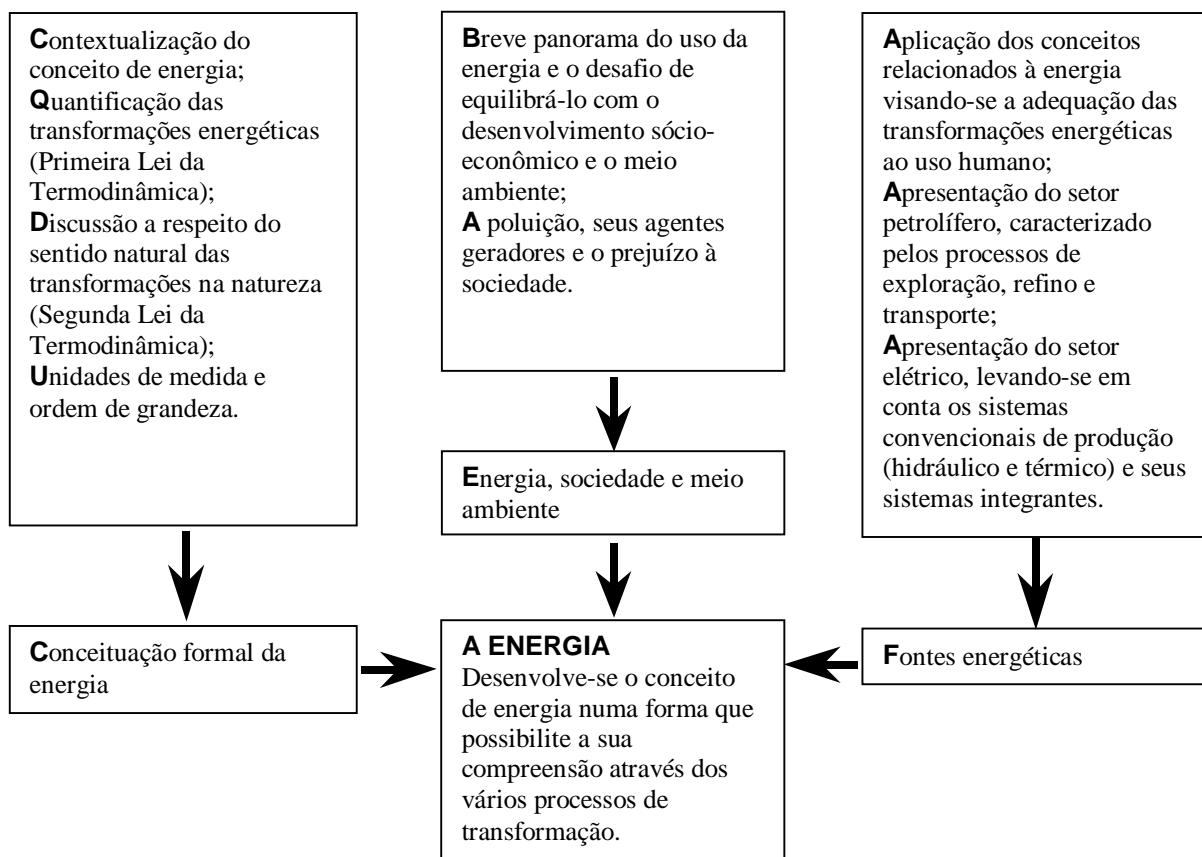


Figura 5.3 – Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 2 do material paradidático

¹³ Viglietta (1990) discute a importância do ensino da Segunda Lei da Termodinâmica e como os conceitos envolvidos, através de uma abordagem didática, contribuem para o entendimento do uso racional da energia.

No Capítulo 3 do material paradidático é discutida a participação da energia no cotidiano das pessoas, como essas a utilizam e quais são os principais reflexos ao meio ambiente. A Figura 5.4 ilustra as partes integrantes desse capítulo, o qual objetiva estabelecer o vínculo entre o tipo de equipamento utilizado e o tipo de energético e quantidades necessárias ao atendimento das necessidades humanas, através da obtenção de informações e compreensão operacional dos equipamentos envolvidos, na medida em que se torne possível a avaliação do consumo de energia. Nessa etapa do processo educacional estão sendo criadas as condições para o entendimento do uso racional da energia por intermédio da percepção da energia¹⁴ como uma mercadoria e, portanto, sujeita às restrições relacionadas com a exploração dos recursos naturais e aos sistemas a ela associada.

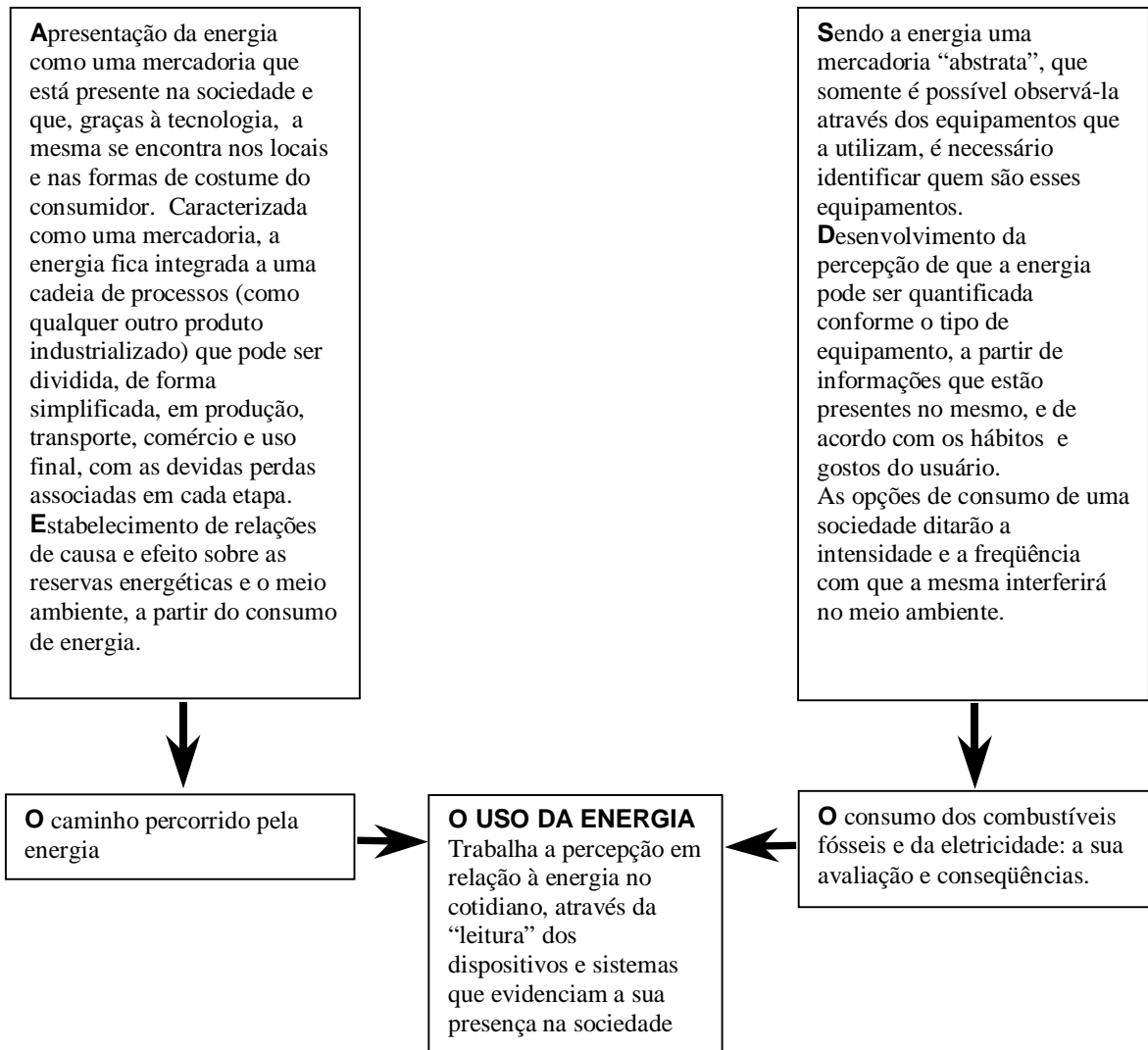


Figura 5.4 – Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 3 do material paradidático

¹⁴ A “invisibilidade do fluxo energético”, decorrente da própria evolução histórica das formas de disponibilização da energia para o uso final, tem conduzido os consumidores a perder a consciência da energia como uma mercadoria (CONSTANZO *et al.*, 1986)

Após a discussão dos aspectos qualitativos da energia, o Capítulo 4 do material proposto apresenta o uso racional da energia através da avaliação quantitativa de alguns casos, como forma de economia de recursos e de capital. Sendo possível a quantificação da energia, a próxima etapa consiste em verificar se a mesma está sendo utilizada de forma eficiente. Para tanto, estabelecem-se critérios comparativos, assumindo-se algumas possibilidades, dentre as quais a alteração de aspectos operacionais, o ajuste de parâmetros e a substituição de peças, ponderadas pelos resultados econômico-financeiros. Na Figura 5.5 encontram-se esquematizados os elementos que irão participar no ensino do uso racional da energia.

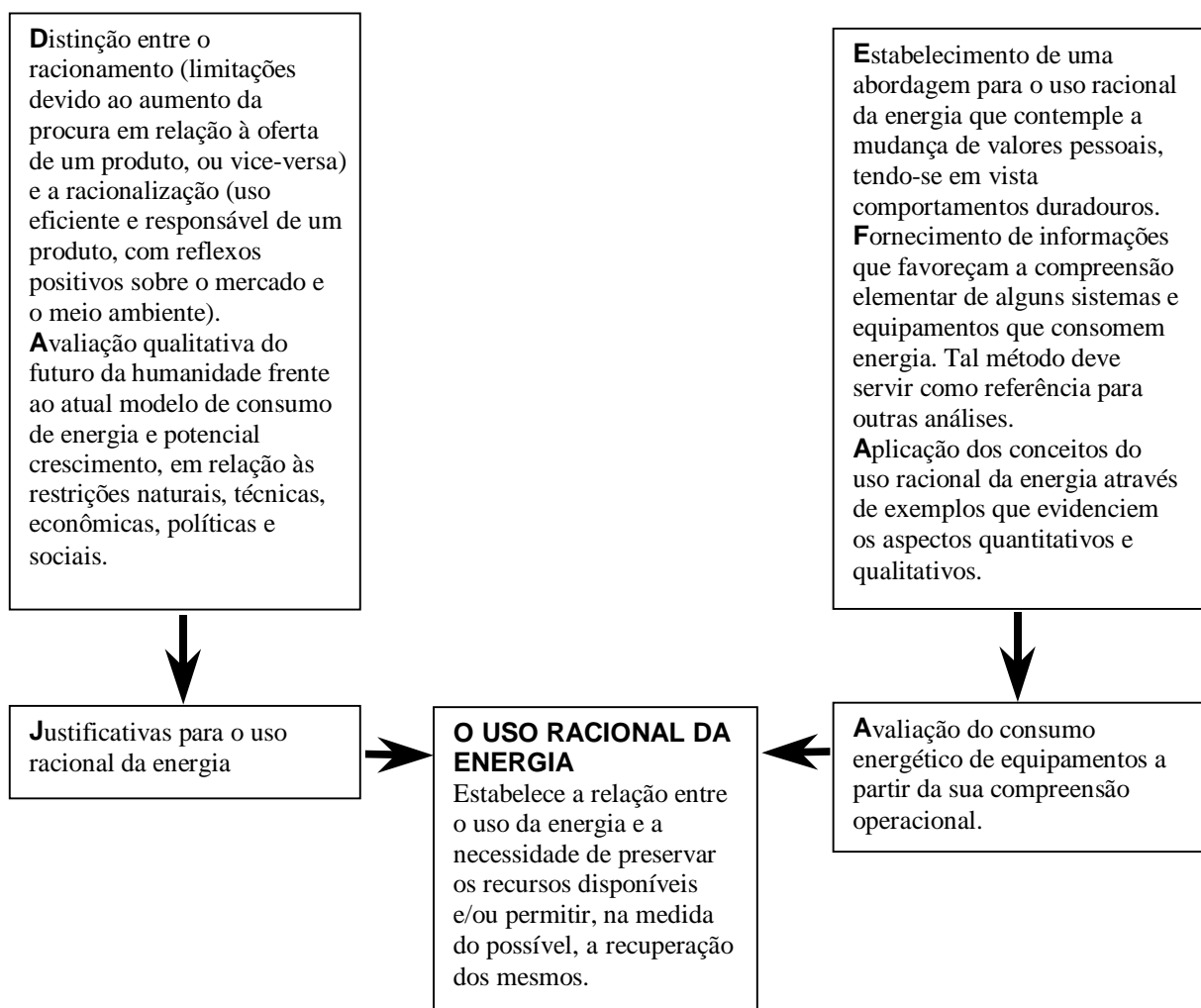


Figura 5.5 – Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 4 do material paradidático

No Capítulo 5 do material paradidático são apresentados alguns textos que evidenciam a relevância da questão energética. Infelizmente, nem sempre os meios de comunicação, bem como alguns autores de livros de divulgação, têm consciência da importância do seu trabalho, do seu papel essencial no preenchimento das inúmeras lacunas deixadas pela educação formal

(GASPAR, 1993). Um processo educacional alicerçado em referências, cujos conteúdos são capazes de desenvolver o senso crítico a partir de informações fundamentadas, proporciona ao indivíduo a condição de ser seletivo em relação ao que é veiculado (Figura 5.6).

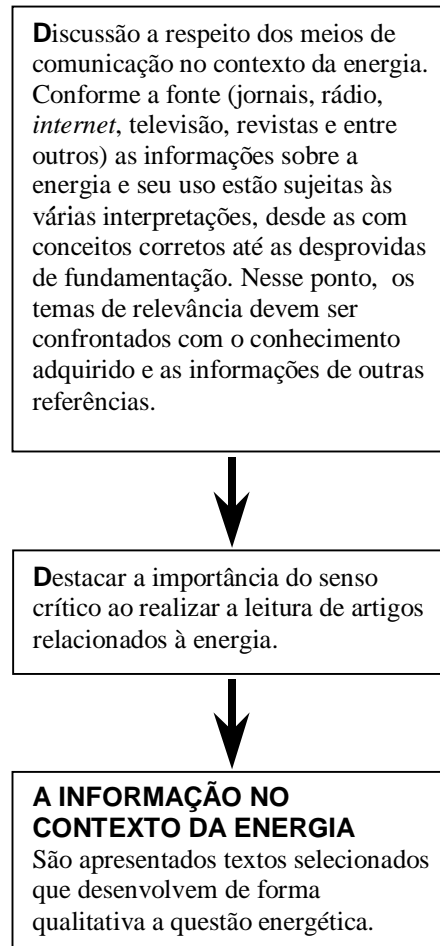


Figura 5.6 – Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 5 do material paradidático

Finalmente, no Capítulo 6 do material paradidático, discute-se a importância de se colocarem em prática os conceitos de uso racional da energia como forma de exercer a cidadania. O indivíduo que se encontra submetido a um processo educacional que permita a construção de novos valores, nos quais o entendimento do uso eficiente da energia apresentasse como ferramenta de ação social, estará apto a assumir responsabilidades com potencial de economia de energia:

O sujeito responsável em dificultar a implementação do uso racional da energia pode ser toda uma nação ou um indivíduo, um grupo social, organizações ou empresas. (...) O consumo de energia pertence ao domínio da tecnologia e o uso racional da energia ao domínio da sociedade (WEBER, 1997)

A Figura 5.7 ilustra o encadeamento dos tópicos pertinentes ao fomento de um modelo de desenvolvimento social, político e econômico que respeite a qualidade de vida das populações e os ecossistemas.

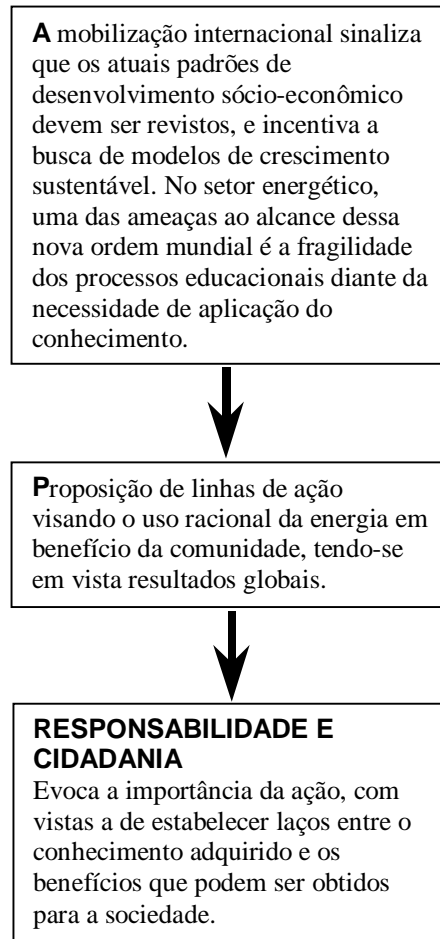


Figura 5.7 – Organização dos assuntos que compõem o Capítulo 6 do material paradidático

As Referências Bibliográficas presentes no material paradidático permitem o aprofundamento dos assuntos abordados, e as mesmas podem servir de mote para o desenvolvimento de várias atividades.

A participação do professor dentro dessa proposta é fundamental. As informações apresentadas no material paradidático somente terão sentido se colocadas em prática, respeitando-se os processos didáticos, pedagógicos e cognitivos dentro de uma sala de aula. Na proposta defendida nesta tese, o uso racional da energia não se constitui propriamente numa disciplina, mas é uma fonte de exemplos que podem enriquecer o processo educacional.

5.3.2. Ensino superior

Nos estabelecimentos de ensino superior, particularmente nas engenharias, tem-se buscado elementos didáticos que proporcionem condições para a abordagem do uso racional da energia. Todavia, num momento educacional anterior, o estudante de engenharia dedica parte do seu tempo ao estudo do conceito de energia e às transformações a ela associadas, conforme o tipo de curso (por exemplo, mecânica, elétrica ou civil), normalmente sob a forma de sistemas isolados, o que é justificável nesse estágio da aprendizagem. Durante esse primeiro contato com o tema “energia”, torna-se interessante, do ponto de vista didático, indicar ao estudante que os sistemas isolados podem fazer parte de sistemas maiores, cuja complexidade extrapola a abordagem puramente técnica. Nesse ponto, a integração dos sistemas energéticos e a necessidade de equilíbrio entre o potencial de desenvolvimento sócio-econômico e a preservação dos recursos naturais constitui um campo de significativa importância estratégica, no qual os conceitos de uso racional da energia vêm colaborando com o planejamento energético.

Devido ao caráter transversal dos conteúdos pertinentes ao uso eficiente de energia, torna-se oportuno estabelecer parâmetros que permitam orientar a forma de ensino referente à energia e seu uso racional, de sorte a evitar estruturas didáticas, ou recursos didáticos que prejudiquem a eficiência educacional. Por exemplo, em alguns casos, tanto os livros didáticos quanto as apostilas são produzidos e divulgados sobrepondo-se a qualquer regra ou padrões preestabelecidos, sem ser submetidos a alguma avaliação que garanta sua validade, atualidade e eficiência (MARTINS, 1996). Quanto ao processo de ensino, Newborough e Probert (1994), relataram da seguinte maneira a situação na Inglaterra:

No nível superior de educação, o maior problema com o ensino da energia é que ela é um assunto essencialmente abrangente e complexo. Evidentemente, se um número suficiente de estudantes estão interessados nos problemas energéticos presentes na sociedade, a energia não deveria continuar a ser vista como um ramo da engenharia que se ocupa do suprimento e consumo. Quando se ensina o tema energia dentro das engenharias e das ciências, torna-se desejável a ampliação da percepção dos estudantes com respeito à economia de energia, ao gerenciamento ambiental, à economia de recursos, às responsabilidades legais e éticas e à compreensão dos aspectos sociais e psicológicos do uso da energia. (...) As principais dificuldades são a diferenciação dos caminhos educacionais dos grupos profissionais, a relativa falta de condições para a pesquisa e ensino multidisciplinar, a falta de disponibilidade e qualidade de referências imparciais em relação à educação em energia (...). É errado

e insuficiente um pequeno grupo de professores entusiastas e conferencistas vencerem as barreiras existentes na educação relativa a energia. Trata-se de um desafio para o sistema educacional, indústria e governo.

No campo educacional, independentemente do país, sempre existirão dificuldades e desafios, com maior ou menor intensidade, conforme as condições sociais, políticas e econômicas. No caso particular da energia, o processo de ensino, no nível superior, requerem-se cuidados tanto no estabelecimento de metas quanto na estruturação dos conteúdos na superação das barreiras existentes no setor energético.

É oportuno salientar que o ensino voltado ao uso eficiente da energia não deve ser visto como um agregado de informações referentes à Termodinâmica, Transferência de Calor, Mecânica dos Fluidos, Circuitos e Equipamentos Elétricos, Meio Ambiente, Engenharia Econômica, dentre outros temas disciplinares. O uso racional da energia deve ser conduzido de forma estruturada, na qual os conteúdos se inter-relacionem didaticamente conforme as metas preestabelecidas nos projetos pedagógicos de cada Instituição de Ensino.

O modelo educacional desenvolvido para o ensino do uso racional da energia, destinado ao nível superior, pauta-se pela LDB e utiliza-se de alguns conceitos didáticos, como a transversalidade e a contextualização. A proposta de ensino defendida nesta tese segue a vertente do planejamento energético, pois tal abordagem permite realizar adaptações conforme a estrutura curricular de cada curso.

A característica transversal do tema uso racional da energia, mediante a análise curricular dos cursos, permite estabelecer uma estrutura de desenvolvimento dos conteúdos que seja independente do tipo de engenharia e coerente com o que já foi ensinado em outras disciplinas (vide Apêndice C). O responsável pela disciplina não deve conduzir o programa como uma revisão de outras disciplinas, o que normalmente acaba tomando um tempo precioso, que certamente fará falta na discussão dos temas de interesse. As diferenças conceituais entre os alunos podem ser superadas através da contextualização na ocasião em que determinada análise for necessária, ou seja, utilizar exemplos e fornecer referências bibliográficas que facilitem o entendimento do assunto em questão.

No ensino do uso racional da energia recomenda-se a diversificação de recursos didáticos, com o objetivo de que o estudante crie o seu próprio material. A utilização de apostilas como única fonte necessita ser criteriosa, pois devem ser considerados os conceitos didático-pedagógicos na condução dos aspectos técnicos; a não observância de tais recomendações podem conduzir à criação de “mosaicos conceituais” ou, em algumas vezes, desenvolver materiais que atendem os objetivos em suas partes, mas que no entanto falham ao

integrar o conteúdo. A integração dos temas de interesse, através de um plano de aula estruturado didaticamente, possibilita o encadeamento das idéias de forma não isolada, e nessas condições, os materiais didáticos selecionados, tais como livros e artigos, mediante a ação educacional do professor, ganham sentido durante a aula.

Dos estudantes de engenharia espera-se a percepção de que as questões energéticas não são puramente técnicas e que o comportamento humano necessita ser avaliado de forma séria. Nesse contexto, o domínio dos conceitos técnicos nem sempre é suficiente para a obtenção de resultados satisfatórios nas atividades da engenharia, e em algum instante a percepção social de uma dada situação poderá representar o elemento que determinará o sucesso ou o fracasso numa intervenção (DIAS; MATTOS; BALESTIERI, 2002).

Durante a construção dos conceitos, relacionados com o uso eficiente da energia, é oportuno enfatizar que a veiculação das informações necessita ser respaldada por elementos que lhes dêem um caráter interpessoal. Alguns programas destinados à economia de energia têm a sua capacidade de mobilização limitada por conta da falta de conexão entre os seus objetivos e a realidade dos consumidores, o que acaba privilegiando estruturas tradicionais de convencimento, como por exemplo, as tarifárias.

Os conceitos técnicos fundamentais, como as Leis da Termodinâmica e Elementos de Análise de Circuitos Elétricos, constituem as bases para a compreensão e intervenção nos sistemas energéticos, tanto no redimensionamento de estruturas participantes nos processos de transformação energética quanto no uso de novas tecnologias. Qualquer que seja a proposta de ação, os possíveis resultados devem ser ponderados por critérios econômicos e financeiros, a fim de que seja averiguado o seu grau de atratividade, e por elementos que identifiquem os benefícios trazidos às populações, como por exemplo, a qualidade de vida e as melhorias ambientais.

Através da participação do uso racional da energia na **estruturação das políticas energéticas**, torna-se possível conduzir projetos voltados ao planejamento integrado de recursos, respeitando-se os critérios pertinentes ao desenvolvimento sustentável. Nesse estágio da construção do conhecimento, o estudante deverá estar apto a identificar os potenciais de economia de energia e a localizar os recursos que possibilitem a ação, ou pelo menos forme uma opinião, nos planos micro e macroscópico do setor energético.

A Figura 5.8 mostra um possível encadeamento de tópicos para o ensino do uso racional da energia, no qual pretende-se estimular a capacidade de análise e a localização de ferramentas e recursos na solução de situações presentes no setor energético.

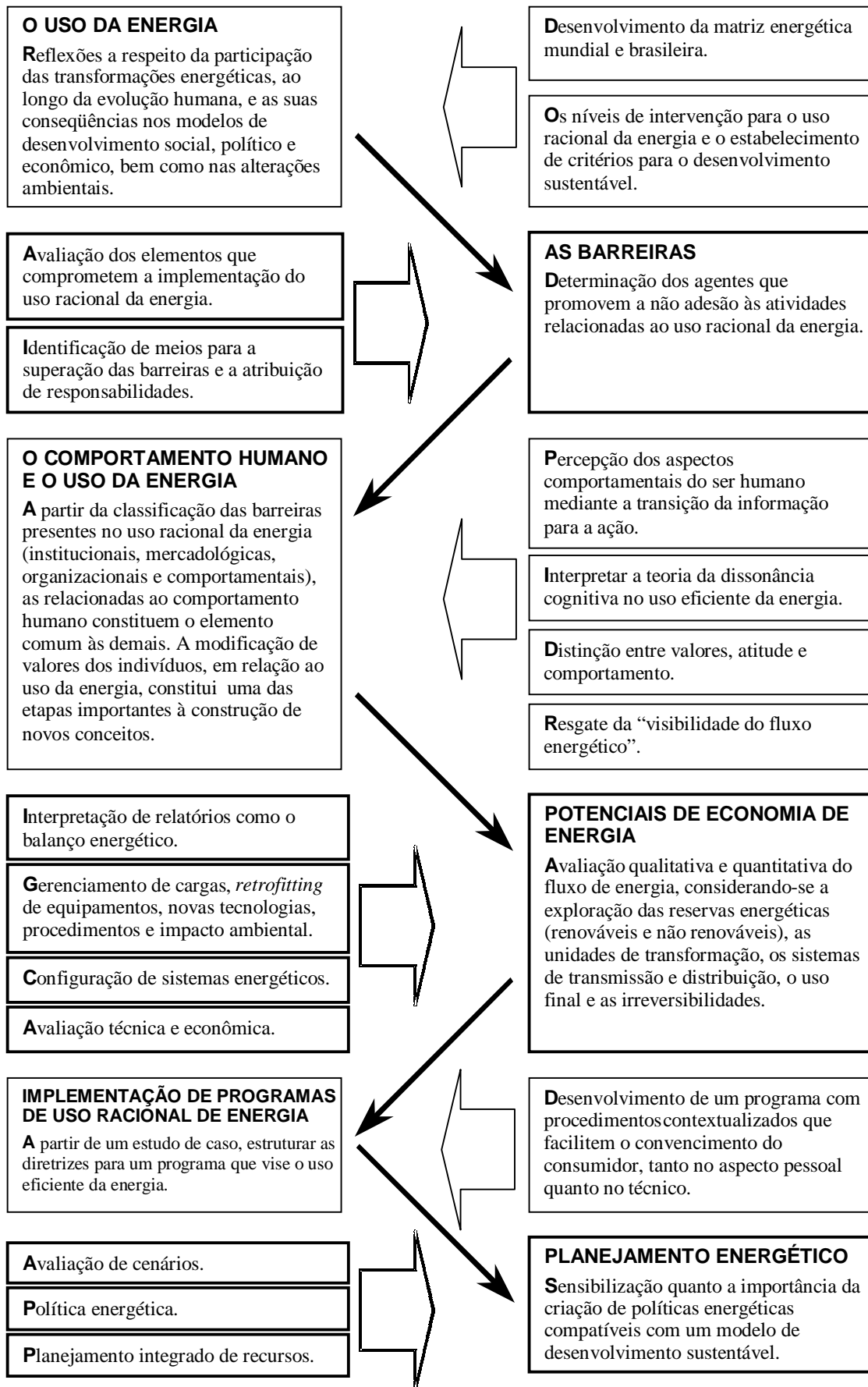


Figura 5.8 – Proposta estrutural para o ensino do uso racional da energia

CAPÍTULO 6

APLICAÇÃO DO MODELO EDUCACIONAL

6.1. INTRODUÇÃO

Um modelo educacional eficiente necessita levar em consideração critérios que evidenciem a participação dos envolvidos, tanto por parte de quem conduz os conteúdos, através de estratégias pedagógicas definidas, quanto pelos que participam nos processos de construção do conhecimento, representados, dentro desta proposta, pelos professores dos ensinos fundamental e médio.

O modelo educacional desenvolvido fundamenta-se na característica transversal do tema uso racional da energia, através da contextualização dos seus conteúdos. Tal objetivo necessita ser confrontado em situações que somente em sala de aula podem ser vivenciadas, mediante mecanismos de avaliação e controle, a fim de se identificarem prováveis correções na metodologia, além de se verem agregados outros valores presentes na prática educacional.

6.2. MATERIAIS E MÉTODOS

Em princípio, o material paradidático concebido para os **professores dos ensinos fundamental e médio** deveria ser em meio digital, mais provavelmente em CD-ROM, visando-se o aproveitamento dos *hyperlinks*¹⁵ presentes ao longo do texto. Todavia, surgiu o receio de se criar um material que dificultasse o acesso do público-alvo, partindo-se do princípio de que nem todos dispõem de computadores, o que poderia criar condições para o surgimento de **barreiras afetivas** em relação ao uso do material.

Diante do exposto no parágrafo anterior, optou-se pelo material escrito em papel, pois dessa forma seria permitido ao sujeito da ação (os professores dos ensinos fundamental e médio) maior flexibilidade no seu uso e que interagissem com maior facilidade com os conteúdos ali contidos, através das prováveis anotações e observações pessoais. Devido à característica experimental do modelo educacional, tal decisão viria ao encontro das necessidades do próprio material paradidático, ou seja, ser manipulado por pessoas ligadas à

¹⁵ Endereços na *internet*, ou palavras associadas aos mesmos, que se encontram presentes nos textos em meio digital, que possibilitam aos leitores acessarem outras informações, normalmente vinculadas ao tema em estudo.

educação, das quais poderiam partir idéias que normalmente podem escapar da realidade acadêmica.

Apesar do formato final do material estar em papel, permaneceu a estrutura que orienta o leitor a buscar informações complementares em meio digital, além de estarem presentes, de forma convencional, as referências bibliográficas.

Os conteúdos do material paradidático foram desenvolvidos através dos canais competentes para atividades de extensão universitária na UNESP, sob a forma de um curso gratuito de educação continuada para os professores da rede pública de ensino, numa programação baseada em 10 módulos de três horas. O curso foi dimensionado para um público mínimo de 10 pessoas e máximo de 30 pessoas, cuja divulgação foi feita diretamente nas escolas por intermédio de folhetos de divulgação.

Os recursos didáticos disponibilizados pela Universidade foram a sala de aula e um retroprojetor; a estratégia didática fundamentou-se na apresentação oral suportada por transparências, através das quais os tópicos ganharam uma **abordagem ilustrativa**, visando-se tanto a identificação de elementos pertencentes ao cotidiano quanto o incentivo ao debate dos temas sugeridos. As Figuras 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4 mostram algumas transparências destinadas ao curso de educação continuada.



Figura 6.1 – Apresentação das principais atividades presentes no setor petrolífero.

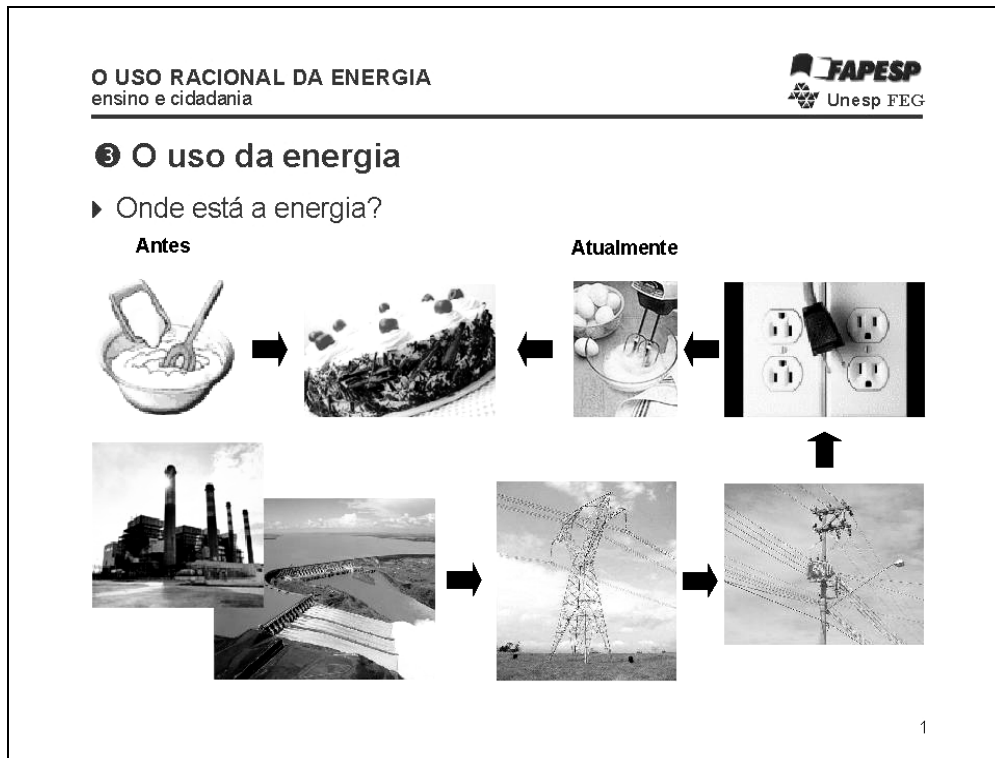


Figura 6.2 – Discussão sobre o “caminho” percorrido pela energia elétrica para uma mesma finalidade em épocas (ou circunstâncias) distintas.

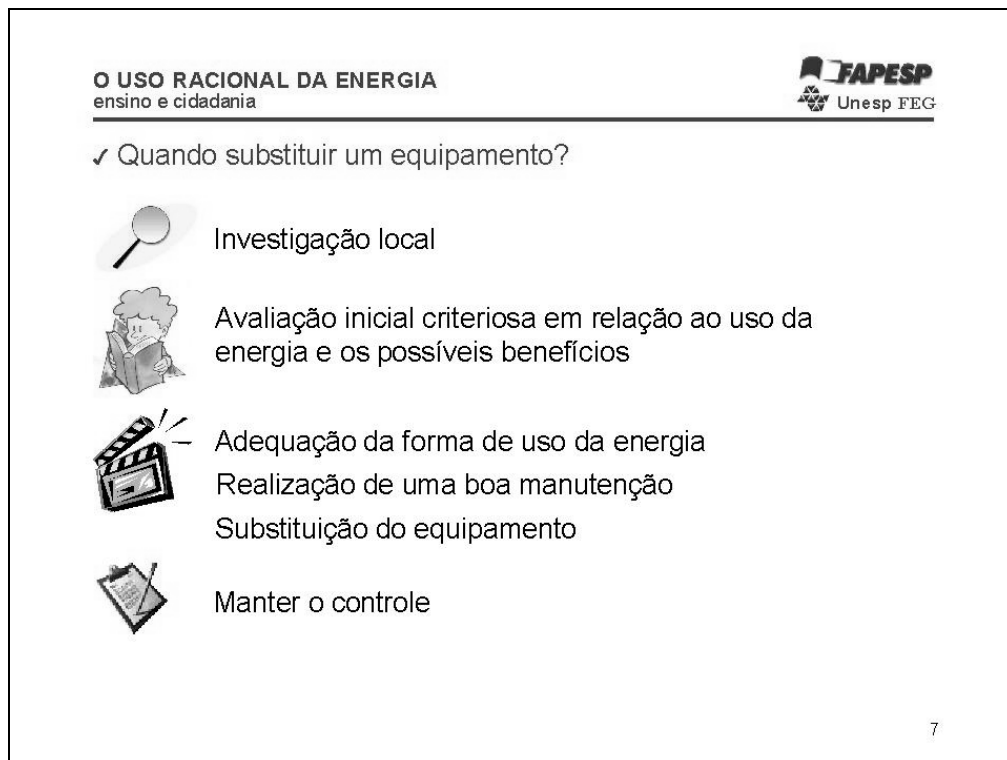


Figura 6.3 – Estabelecimento de critérios, adotando-se uma seqüência, para intervenções que visem o uso racional da energia.

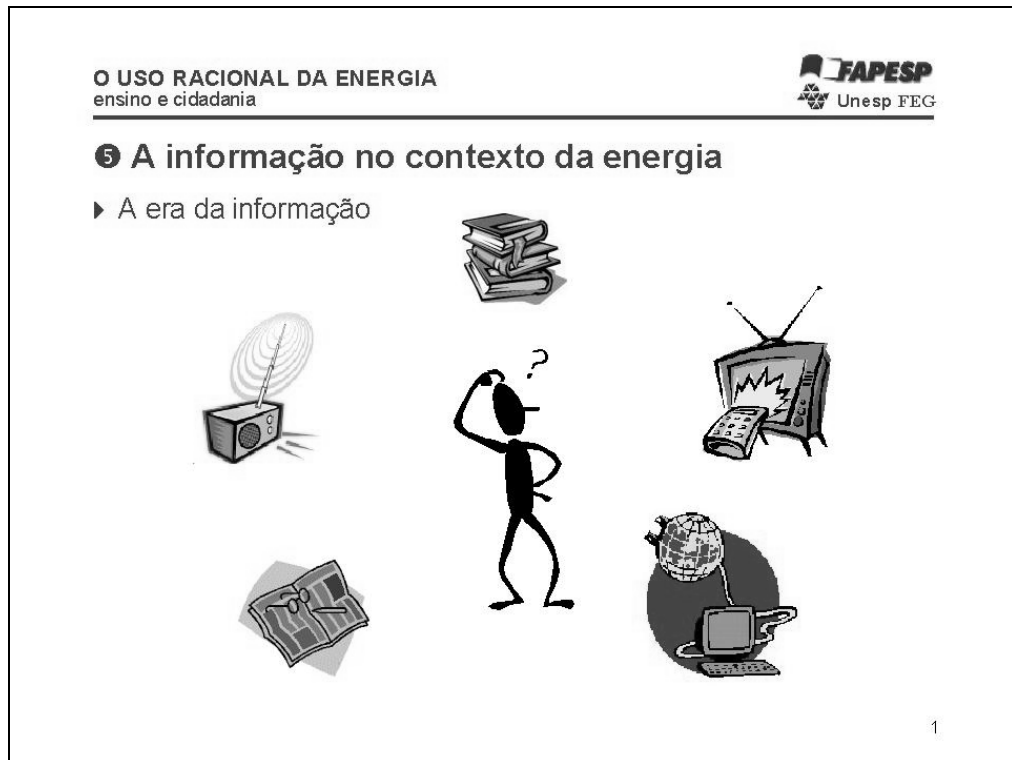


Figura 6.4 – Os desafios presentes na interpretação das informações em seus diferentes meios de veiculação.

Tendo-se em vista a heterogeneidade do público, pois o curso deveria contar com a participação de professores de várias áreas do conhecimento, não se restringindo aos das Ciências Naturais, foram previstas algumas discussões em relação a certas atividades propostas (presentes no material paradidático) previamente escolhidas, principalmente aquelas que envolveriam noções da ordem de grandeza e/ou alguma análise mais específica em relação à determinadas transformações energéticas.

Em respeito ao acompanhamento do grupo de professores que estaria participando do processo educacional, tornou-se necessário criar um mecanismo de avaliação e, em virtude do pequeno espaço amostral, elaborou-se um questionário (vide Apêndice D) orientado pelas habilidades (GOLDRING; OSBORNE, 1994) que seriam desejáveis ao final do curso, tratando-se, portanto, de uma análise qualitativa (SONCINI; STEVANATO; FORTES, 1998). A avaliação foi dividida em **três etapas**; a **primeira** deveria ser aplicada antes de serem iniciadas as atividades do curso, pois estar-se-ia constatando os conhecimentos preexistentes em relação à energia e seu uso. Na **segunda** avaliação já estaria sendo verificada a participação dos conteúdos referentes aos conceitos fundamentais pertencentes ao tema energia. Na ocasião da **terceira** avaliação, os conteúdos referentes ao uso racional da energia já estariam desenvolvidos, proporcionando, dessa forma, a possibilidade de estabelecer

relações comparativas com as duas primeiras avaliações. A seguir são apresentadas as habilidades a serem avaliadas, na seqüência em que foram solicitadas, através de testes de múltipla escolha:

- a) **Avaliar o conhecimento de assuntos relacionados com a energia:** nesse item buscou-se resgatar a percepção do avaliado quanto a interação entre o uso da energia e as suas conseqüências nos campos social, político e econômico, inseridos num contexto mundial;
- b) **Avaliar a percepção dos conteúdos pertinentes à energia nos meios de comunicação:** partiu-se do princípio de que os meios de comunicação exercem considerável influência na formação da opinião pública e que os mesmos podem, em certas circunstâncias, propagar informações desprovidas de fundamentação conceitual. Nessa abordagem pretendeu-se avaliar a fixação de conceitos pertinentes à energia como ferramenta seletiva em relação ao que é divulgado pela mídia;
- c) **Avaliar a habilidade de operar com valores numéricos:** para a análise de situações que envolvem o uso da energia, o indivíduo normalmente depara-se com valores numéricos e suas respectivas unidades de medida, que podem vir a trazer alguma dificuldade. Esse item visou evidenciar alguns paradigmas criados nos processos educacionais formais, principalmente no que se refere ao ensino da matemática (operações numéricas) e das ciências (entendimento dos fenômenos naturais e da tecnologia), o que acaba comprometendo o entendimento dos elementos e processos presentes no âmbito da energia;
- d) **Avaliar a percepção com relação às conseqüências no desequilíbrio dos ciclos naturais:** tal abordagem visou verificar, conforme a percepção do avaliado, de que forma o uso da energia participa nas alterações do meio ambiente;
- e) **Avaliar a forma de conduzir as primeiras ações para a economia de energia:** essa avaliação possibilitou analisar de que forma o indivíduo conduz as suas ações diante de uma situação em que ocorre, ou em que possa ocorrer, o desperdício de energia. Nesse item também foram agregados, de forma velada, alguns conceitos relacionados à cidadania, como por exemplo, as escolhas individuais frente às necessidades da sociedade.

A partir dos resultados obtidos nas avaliações torna-se possível identificar possíveis tendências em relação ao entendimento dos conteúdos e a eficácia do modelo educacional. Dessa forma, está-se criando condições para que as abordagens sejam revistas e, quando possível, elegendo outras estratégias didáticas.

A concepção didática do curso visa oferecer ao professor dos ensinos fundamental e médio, subsídios para que o mesmo possa incluir no seu **plano de aula** os conceitos

pertencentes ao uso racional da energia, tanto de maneira modular (a partir da seleção dos conteúdos de interesse da disciplina lecionada) quanto de modo integral.

6.3. DESENVOLVIMENTO DOS PROCESSOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM

A partir da anuência do Departamento de Energia e, posteriormente, dos Órgãos Colegiados competentes da Unesp – Campus de Guaratinguetá, realizou-se o curso de educação continuada “O uso racional da energia: ensino e cidadania” (mesmo título do material paradidático), no período de 26 set. 2002 a 31 out. 2002, através da estrutura apresentada no item 5.2.

Inscreveram-se 11 professores, dos quais sete participaram do primeiro módulo e, nos nove módulos seguintes, os participantes constituíram um grupo fixo de cinco pessoas¹⁶, os quais concluíram o curso conforme o programado. Apesar de pequeno o grupo de professores, os mesmos apresentavam alguma diversidade, conforme apresentado na Tabela 6.1.

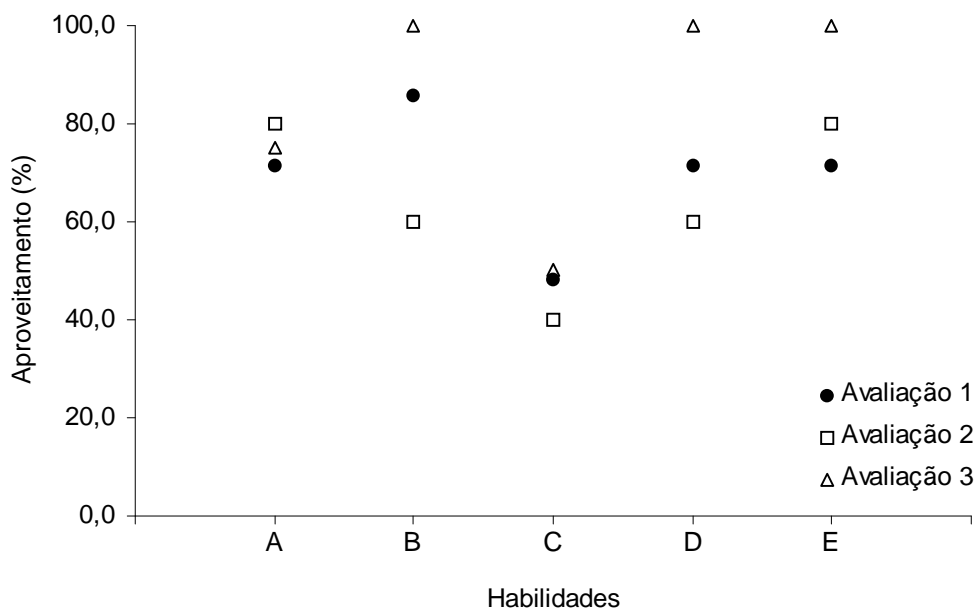
Tabela 6.1 – Perfil dos professores participantes do curso “O uso racional da energia: ensino e cidadania”

Professor	Idade (anos)	Sexo **	Formação	Experiência (anos)	Disciplinas que leciona	Carga horária semanal (horas)	Número de alunos atendidos por semana	Possui computador em casa?	Utiliza computador com frequência?	Utiliza internet?
1	28	F	História	7,8	História	33	400	Sim	Sim	Sim
2	47	F	Letras e Pedagogia	27,0	Inglês	28	300	Sim	Não	Sim
3	37	F	Ciências	13,7	Ciências Matemática Biologia	40	240	Sim	Sim	Sim
4	37	F	Engenharia Elétrica	13	Física	33	–	Sim	Sim	Sim
5	43	F	Eng. Mecânica/Física	6	Física	21	360	Sim	Não	Não
6 *	48	F	Ciências	25,5	Ciências Biologia	34	280	Sim	Não	Sim
7 *	50	F	Ciências	10	Ciências	40	320	Sim	Não	Não

* Professores que participaram somente no primeiro módulo; ** F: feminino; M: masculino

¹⁶ Uma das justificativas apresentadas pelos professores a respeito do reduzido número de inscritos no curso, apesar de ser gratuito, diz respeito a característica não institucional do mesmo, ou seja, para que houvesse uma maior participação dos professores dos ensinos fundamental e médio da rede pública, o curso necessitaria ser promovido pela Secretaria de Educação do Governo do Estado.

No início do desenvolvimento do primeiro módulo do curso foi apresentada a esquematização dos conteúdos que participariam nos processos de ensino-aprendizagem (vide item 5.3.1), juntamente com as justificativas e objetivos de cada capítulo do material paradidático. Após a apresentação da metodologia, os professores foram submetidos à primeira avaliação, cujo desempenho por habilidade é mostrado na Figura 6.5, na qual estão presentes os resultados da segunda avaliação (realizada no meio do curso) e da terceira avaliação (no encerramento do curso).



Legenda:

- A Conhecimento de assuntos relacionados com a energia
- B Percepção dos conteúdos pertinentes à energia nos meios de comunicação
- C Habilidade de operar com valores numéricos
- D Percepção com relação às conseqüências no desequilíbrio dos ciclos naturais
- E Forma de conduzir as primeiras ações para a economia de energia

Figura 6.5 – Desempenho dos professores no decorrer do desenvolvimento do modelo educacional

A partir dos resultados obtidos com as avaliações, com relação à **habilidade A**, notou-se a razoável familiaridade com os temas pertinentes ao uso da energia e suas conseqüências; todavia, ao longo das avaliações, ainda persistiam alguns conceitos pertencentes ao conhecimento do senso comum. Tal constatação pode ser justificada pelos desafios individuais no sentido da busca dos conhecimentos sistematizados (conceito de zona de desenvolvimento proximal), os quais normalmente são atingidos em intervalos de tempo distintos, considerando-se os incentivos educacionais e o perfil psicológico do indivíduo.

As atividades ligadas às operações com valores numéricos, com as respectivas unidades de medida das grandezas físicas envolvidas, trazem consigo certas deficiências presentes no ensino formal e nos meios de comunicação, principalmente quando torna-se necessário interpretar os fenômenos naturais e os produtos do desenvolvimento tecnológico. Os resultados apresentados nas avaliações, em relação à **habilidade C**, refletem essa tendência do indivíduo em sentir dificuldades na quantificação dos processos presentes no cotidiano.

A maior sensibilização, quanto aos objetivos do uso racional da energia, foi verificada na avaliação das **habilidades B, D e E**. Tais habilidades estão presentes nas primeiras etapas de aceitação dos procedimentos que permitem o uso eficiente da energia, ou seja, atuam sobre a construção de valores que conduzem à superação de barreiras comportamentais antagônicas ao uso racional da energia. A compreensão das informações vinculadas ao uso da energia, associadas às relações de causa e efeito sobre a humanidade e o estabelecimento de formas de ação para a racionalização dos recursos energéticos, permitem transitar dentre as **variáveis psicológicas e posturais** (Constanzo *et al.*, 1986), possibilitando posteriormente a obtenção de resultados mais satisfatórios no desenvolvimento das habilidades A e C, com a ressalva de que isto se dá em intervalos de tempo distintos para cada indivíduo.

Quanto ao modelo educacional proposto, levando-se em conta os aspectos qualitativos das avaliações, surge a sinalização da importância de se criarem estratégias didáticas para conduzir os conteúdos que envolvam operações matemáticas e lógicas a partir das características operacionais de certos equipamentos. Isso não significa entender de forma pormenorizada as propriedades de um determinado sistema, pois isso estaria se afastando dos objetivos do método, mas exercitar o raciocínio para a compreensão de fenômenos físicos. Como exemplo, pode ser citada a avaliação de um equipamento que liga e desliga em intervalos regulares de 20 minutos; ao solicitar o tempo total de operação em 24 horas, não é raro surgir alguma dificuldade na “montagem do problema”.

Pensando na dificuldade de visualização de certos aspectos operacionais, a criação de recursos ilustrativos são de considerável valia para o entendimento das pessoas. Isso pode ser verificado na explicação do uso adequado do ferro de passar roupas, o qual deve ser ligado para passar a maior quantidade possível de roupas de cada vez. Os participantes do curso, ao serem questionados sobre esse procedimento, não tinham dúvidas quanto à economia de energia, mas não compreendiam com clareza as justificativas para tal ação. Aproveitando esse momento didático foi apresentada a esquematização de um ciclo operacional hipotético para um ferro de passar roupas (Figura 6.6), a partir da qual agregaram-se outras informações a respeito do seu funcionamento.

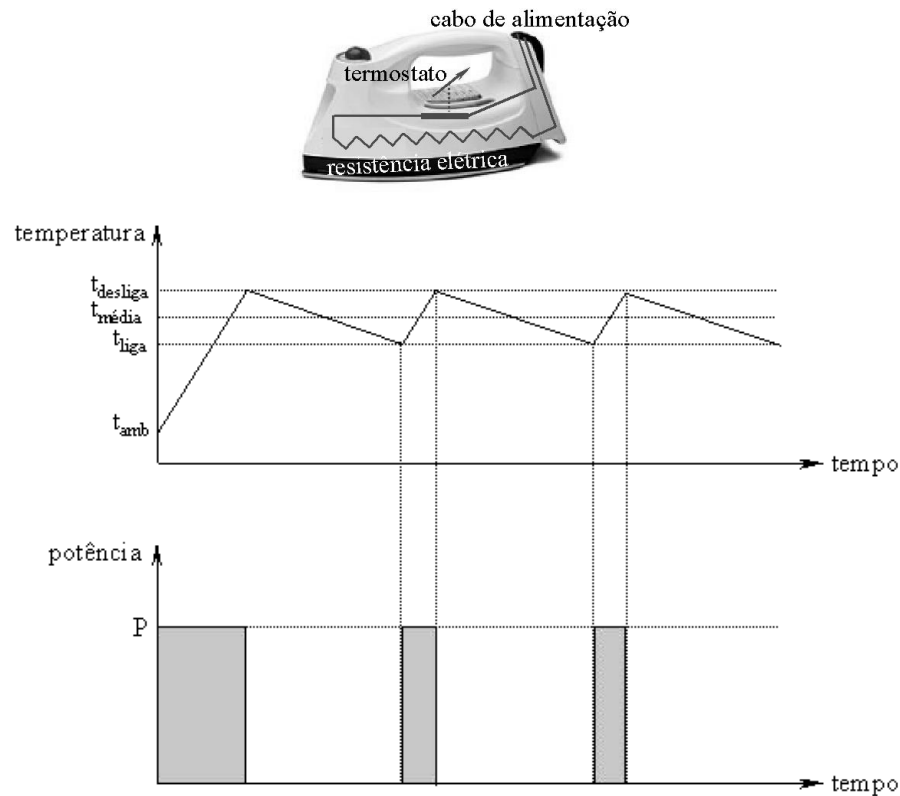


Figura 6.6 – Esquemática didática para a explicação do princípio operacional do ferro de passar roupas.

Durante o desenvolvimento dos conteúdos do material paradidático, evidenciou-se a importância da fundamentação didático-pedagógica, pois dessa forma torna-se possível perceber os pontos críticos no processo educacional, possibilitando a identificação de algumas estruturas que conduzem, ou que falham, na construção do conhecimento. Assim sendo, os indivíduos se sentem inseridos nos processos de ensino-aprendizagem, o que, no contexto do uso racional da energia, se traduz numa maneira de explorar tal assunto respeitando-se os procedimentos educacionais que fazem parte das expectativas dos professores. Essa afirmação fez parte dos comentários dos participantes ao final do curso, havendo inclusive o interesse, por sugestão dos mesmos, da apresentação dos conceitos discutidos no curso na ocasião do **planejamento escolar** de determinados estabelecimentos de ensino.

6.4. O USO RACIONAL DA ENERGIA NO PLANEJAMENTO ESCOLAR

Durante a aplicação do modelo educacional, através do curso de educação continuada, foi sugerida a elaboração de um plano de aula aos participantes, ou um projeto envolvendo a

escola e a comunidade, que contemplasse os conceitos relacionados com o uso racional da energia.

No último módulo os professores apresentaram algumas sugestões de projetos didáticos e experimentos, como por exemplo a maquete de um monjolo, o qual, além de demonstrar o princípio de aproveitamento hidráulico, resgatava através de textos alguns aspectos históricos, estando, portanto, em concordância com a proposta do modelo educacional quando se pretende discutir, de forma preliminar, as necessidades e os recursos de uma dada época. Nessa proposta, o monjolo representaria o elemento de contextualização do ensino, servindo de mote para o desenvolvimento de outros temas relacionados não somente à energia mas também como se sucede a interação entre o desenvolvimento humano e o meio ambiente.

Com relação aos projetos didáticos pode ser destacada, no curso de ciências, a proposta para a 5ª série do ensino fundamental, a qual visa expor elementos para o entendimento do ciclo da água, integrando-o com as formas de consumo da água pela população e as relações com o uso da energia elétrica. A estratégia didática contempla a pesquisa das informações necessárias, a construção de maquetes, a criação de jogos, a construção de gráficos a partir das contas de água e energia elétrica e a aplicação do conhecimento adquirido no ambiente escolar.

Ainda considerando os projetos didáticos, foi apresentada uma proposta de reestruturação do plano de aula para o ensino da língua inglesa para o ensino médio. Na sua estrutura original, em um de seus tópicos, discutia-se a participação de energia nas atividades cotidianas nos países desenvolvidos e nos em desenvolvimento, através de um texto selecionado – *How much energy do we use?*¹⁷. A esse material seriam incorporadas algumas ferramentas de análise quantitativa que foram discutidas no curso de educação continuada.

Diante desses três exemplos, constata-se a possibilidade de se contribuir com a melhoria do entendimento dos assuntos relacionados com o uso da energia e as suas conseqüências à sociedade, através de um modelo educacional fundamentado em conceitos didático-pedagógicos, propiciando-se uma estrutura de ensino focada no indivíduo.

¹⁷ Material já utilizado por uma das participantes.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso racional da energia tem sido tema recorrente a partir das duas crises do petróleo da década de 1970. Desde então, determinados segmentos das sociedades têm contribuído para a sensibilização quanto aos limites dos recursos naturais e as conseqüências para o equilíbrio da biosfera. Nesse contexto, vários autores e especialistas que atuam no setor energético indicam as possibilidades de economia de energia, através do estabelecimento de metodologias analíticas para o aprimoramento das avaliações e intervenções nos processos energéticos. Dessas discussões, inúmeras ferramentas são apresentadas, desde os procedimentos destinados às auditorias energéticas até as análises de investimentos visando-se a substituição de sistemas. Não obstante, nesse leque de possibilidades, a **educação em energia** é citada como uma das principais formas de conduzir a racionalização da energia; todavia, pouco foi feito a respeito da sistematização dos conteúdos, respeitando-se os preceitos dos processos de ensino-aprendizagem.

A composição do setor energético reflete a formação acadêmica de seus integrantes, na maioria engenheiros, que por motivos estruturais do próprio sistema educacional, receberam quase nenhuma formação humanística. Daí surge o fato de reconhecerem a importância da educação, mas ao mesmo tempo sentem-se pouco à vontade em falar sobre os processos educacionais ou em buscar auxílio nas outras áreas do conhecimento.

Um processo educacional, destinado ao uso racional da energia, possui potencial para criar condições mais favoráveis para a condução de outras iniciativas no campo do planejamento energético. Tal afirmação parte da premissa de que, através do desenvolvimento cognitivo, afetivo e psico-motor, é possível estimular a construção de valores que, mediados pelo conhecimento sistematizado, proporcionam a mudança de comportamento em bases seguras e, se possível, sem traumas. Ou seja, este procedimento constitui numa forma alternativa de envolvimento das pessoas, a médio e longo prazo, em economizar energia de forma consciente, sem a necessidade de aplicar as ferramentas convencionais de convencimento, tal como, por exemplo, o aumento do preço da energia.

Diante dessa lacuna no setor energético – o comprometimento com a educação – esta tese buscou primeiramente entender o ser humano e os elementos que afetam o seu estilo de vida para posteriormente agregar os conceitos relacionados à conservação de energia. Ao

longo deste trabalho foi necessário apoiar-se em alguma teoria que justificasse a mudança dos valores pessoais durante o processo educacional, sendo o referencial teórico adotado o sócio-interacionismo de Vygotsky. Esta estrutura constitui os alicerces do modelo educacional concebido, através da valorização das relações interpessoais.

No desenvolvimento do modelo educacional para a conservação de energia, os agentes escolhidos para a intervenção didática foram os professores dos ensinos fundamental, médio e superior. Tal escolha reside no fato de que os docentes representam a própria finalidade na condução dos processos de ensino-aprendizagem, possuem considerável potencial multiplicador e detêm, em princípio, o domínio sobre os conteúdos e a experiência em sala de aula. Sendo assim, propõe-se transferir, no caso do Brasil, a responsabilidade da concepção e condução dos programas educacionais para o uso racional da energia das empresas de energia para os estabelecimentos de ensino. Este procedimento propõe a inclusão dos conteúdos pertinentes ao uso racional da energia nos **projetos didáticos** dos cursos.

Ao atribuir-se a responsabilidade pela implementação dos conceitos da conservação da energia aos professores, torna-se necessária a sistematização dos conteúdos, organizando-os de tal forma a serem **flexíveis** (modularidade) como fonte de consulta (contextualização) e, ao mesmo tempo, possuírem um **encadeamento lógico** em seu todo.

A elaboração de uma estrutura que suporte os conteúdos necessita respeitar determinados preceitos que favoreçam a **formação efetiva do cidadão**. Em território brasileiro, as atividades educacionais devem atender à Lei nº 9394, a qual define as diretrizes e bases da educação nacional, e particularmente para os ensinos fundamental e médio, o atendimento aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Ainda com relação aos ensinos fundamental e médio, no caso da elaboração de textos para finalidade em questão, os mesmos devem ser balizados pelas orientações do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), as quais garantem o mínimo de qualidade do que se está sendo proposto.

Na elaboração do modelo educacional, além de serem estabelecidos critérios para a sistematização do conhecimento, o mesmo ganhou a forma de um curso de educação continuada para professores que, em virtude do tempo disponível, foi destinado aos docentes dos ensinos fundamental e médio. Quanto ao ensino superior, em virtude da própria dimensão, a contribuição restringiu-se à proposta estrutural para os conteúdos pertencentes ao planejamento energético, cujo desenvolvimento completo constituiria numa nova pesquisa.

Quanto à proposta estrutural para o ensino da conservação de energia nos níveis fundamental e médio, a mesma propiciou o desenvolvimento do material paradidático “O uso racional da energia: ensino e cidadania” e um curso de educação continuada.

Entretanto, nem toda proposta é perfeita no campo da educação e, além do mais, não existe proposta absoluta, mas experiências que devem ser observadas, visando-se a busca do aprimoramento da intervenção didática. Durante a aplicação do modelo educacional constatou-se uma maior dificuldade dos participantes em trabalhar com valores numéricos relacionados com as transformações energéticas. Tal fato, diante do observado, não se deve ao desconhecimento das ferramentas matemáticas por parte dos professores, mas relaciona-se com o entendimento da tecnologia (como funciona) e seus desdobramentos. Todavia, o desenvolvimento afetivo e cognitivo em relação ao uso racional da energia cria condições favoráveis ao entendimento da tecnologia e o seu entendimento é um fator individual, cujo tempo de assimilação é variável, conforme a sua contextualização. Essas etapas encontram-se dentro da zona de desenvolvimento proximal, na qual vale a teoria da dissonância cognitiva.

Para a implementação do modelo educacional proposto, as instituições de ensino superior representam um local privilegiado para as discussões de estratégias e o aprimoramento dos processos educacionais, principalmente pela proximidade das várias linhas de pesquisa. Nesse cenário, tanto o docente quanto o discente, que atuam no segmento energético, podem contribuir para o estreitamento de laços com os professores dos ensinos fundamental e médio.

Levar adiante os conceitos relacionados à educação dentro do setor energético constituiu, e ainda constitui, um considerável desafio, pois consiste em conquistar espaço numa dimensão interdisciplinar e transdisciplinar. Felizmente, várias iniciativas têm ganhado força, dentre elas as abordagens de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), as quais evidenciam a importância do relacionamento entre os elementos que impulsionam o desenvolvimento humano e os seus impactos sobre o meio social, a abordagem de temas como Engenharia e Sociedade em determinados congressos tipicamente técnicos e pelo fomento à pesquisa nesse segmento.

Por mais que a tecnologia se aprimore, sempre existirá uma parcela de energia consumida que será desperdiçada. Desconsiderando-se as perdas energéticas inerentes aos próprios sistemas, a parcela restante possui estreito relacionamento com as formas de utilização e que, por sua vez, dependem dos valores e crenças dos indivíduos. A educação voltada ao uso racional da energia vem ao encontro dessa necessidade de superar determinados paradigmas e, portanto, necessita que seja explorada com responsabilidade e deixe de ocupar uma posição menos privilegiada no âmbito das intervenções das políticas energéticas.

Criar condições para que as pessoas construam seus próprios valores em bases sustentáveis não constitui uma atividade fácil; porém, o conhecimento científico, balizado pela ética e pelos interesses sociais, juntamente com a **convicção de querer** colocar em ação um conjunto de objetivos e metas que contribuam para um modelo de desenvolvimento sócio-econômico mais justo, constituem as bases para que as gerações futuras usufruam de maneira consciente os recursos naturais do nosso planeta.

A **experiência vivenciada** através do modelo educacional desenvolvido mostrou que é possível agir cientificamente, num ambiente interdisciplinar inserido na engenharia, que em princípio possa parecer um tanto quanto relutante no que diz respeito aos aspectos de ensino-aprendizagem. Entretanto, percebe-se que muito pode ser feito pela sociedade, não somente pelos que já possuem alguma coisa, mas, principalmente, pelos excluídos pelo sistema, que necessitam ter a dignidade humana resgatada. Ensinar o uso racional da energia, devido ao seu caráter transversal, não somente contribui com a economia de recursos naturais e capital, mas cria um ambiente propício para o aprimoramento da cidadania.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R.V.; LORA; E.E.S.; DUPAS, F.A. Recursos naturais, demografia e desenvolvimento: uma análise baseada no relatório de desenvolvimento humano 2001 da ONU. In: ENCIT, CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS TÉRMICAS, IX, 2002, Caxambu, Brasil. **Anais...** CD-ROM, Caxambu, 2002.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica **Relatório síntese dos programas de combate ao desperdício de energia elétrica – ciclo 1998/99**. Brasília,1999. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/Evento/RelatorioSintese98-99.zip>>. Acesso em: 66 mar. 2000.

BALESTIERI, J. A. P. A cogeração no contexto da conservação de energia. In: _____. **Planejamento de centrais de cogeração: projeto, operação e expansão**. 1997. p.1-8. Tese (Livre-Docência em Engenharia Mecânica – Transmissão e Conversão de Energia) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

BALESTIERI, J. A. P. Metodologias para a análise comparativa de novas tecnologias. In: _____. **Avaliação tecnológica e metodológica para o planejamento de centrais de cogeração**. 2001. p.45-48. Relatório de Pesquisa (Pós-doutorado em Engenharia Mecânica – Laboratório de Energia Solar) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES) . **Informe infra-estrutura**. 1998 [citado 26 jun. 2002]. Disponível na *World Wide Web*: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/infra/q7121.pdf>>.

BANNWART, A. C.; MESQUITA NETO, E.; DEDINI, F. G.; CARAM, R. A história da mecânica e o seu papel na formação do engenheiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA – COBEM , 15, 1999, Águas de Lindóia. **Anais...** CD-ROM, 1999.

BARTELLI JÚNIOR, F. **Distribuição de mercado**. Comunicação Pessoal, CENPES, Petrobras, 2001.

BAZZO, W. A.; VON LINSENGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. O que são e para que servem os estudos CTS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA – COBENGE, 28, 2000, Ouro Preto. **Anais...** CD-ROM, 2000.

- BJÖRK, C. O. **Industrial load management – theory, practice and simulations**. Amsterdam: Elsevier, 1989. 317p.
- BOSSEBOEUF, D.; CHATEAU, B.; LAPILLONE, B. Cross-country comparison on energy efficiency indicators: the on-going european effort towards a common methodology. **Energy Policy**, v.25, nos.7-9, p.673-682. 1997.
- BOYLE, S. DSM progress and lessons in the global context. **Energy Policy**, v.24, n.4, p.345-359, 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura (MEC). **Lei de diretrizes e bases da educação nacional – Lei nº 9394**. Brasília: MEC, 1996. 34 p.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura (MEC). **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental**. Brasília: MEC/SEF, 1998a. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/sef/sef/pcn.shtm>>. Acesso em: 05 jun. 2001.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura (MEC). **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC, 1998b. p.4-56.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura (MEC). **Guia PNLD/2002 – Coleções de 5ª a 8ª séries**. Brasília: MEC/SEF, 2002. Disponível em: < <http://www.fnde.gov.br/pnld/guia/guia2002/O04/avaliacao.htm> >. Acesso em: 15 abr. 2001.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Balanco energético nacional 2001 – ano base 2000**. 2001 [citado 26 jun. 2002] Disponível na *World Wide Web*: <<http://www.mme.gov.br/sen/ben/ben.html>>.
- CARNOT, S. Reflections on the motive power of fire, and on machines fitted to develop that power. 1824. In: MENDOZA, E. **Reflections on the motive power of fire and other papers**. Edição. New York: Dover Publications, 1960. p.3-22.
- CASTORINA, J.A., FERREIRO, E., LERNER, D., OLIVEIRA, M.K. **Piaget-Vygotsky: nova contribuições para o debate**. São Paulo: Editora Ática, 1996. 175p.
- CHAMBERLIN, J. H.; HERMAN, P. M. How much DSM is really there?. **Energy Policy**, v.24, n.4, p.323-330, 1996.
- CONFRÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. 1992. Rio de Janeiro. **Agenda 21**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995. 472p. (Série ação parlamentar, 56)

- CONSTANZO, M.; ARCHER, D.; ARONSON, E.; PETTIGREW, T. Energy conservation behavior: the difficult path from information to action. **American Psychologist**, v.41, n.5, p.521-528, 1986.
- COUTO, J. G. O idiota e a política suicida. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 8 jan. 1995. p.6.
- DARGAY, J.; GATELY, D. Vehicle ownership to 2015: implications for energy use and emissions. **Energy Policy**, v.25, nos.14-15, pp.1121-1127. 1997.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Editora Cortez, 1992, 207p.
- DIAS, R. A. A conservação de energia. In: _____. **Impactos da substituição de equipamentos na conservação de energia**. 1999. p.18-23. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica – Transmissão e Conversão de Energia) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.
- DIAS, R. A.; MATTOS, C. R.; BALESTIERI, J. A. P. Conservação de Energia: conceitos e sociedade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA – COBENGE, 28, 2000, Ouro Preto. **Anais...** CD-ROM, 2000.
- DIAS, R. A.; MATTOS, C. R.; BALESTIERI, J. A. P. Discussão de critérios para o desenvolvimento de um modelo educacional voltado à conservação de energia. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – SNPTEE, 16, 2001a, Campinas. **Anais...** CD-ROM, 2001a.
- DIAS, R. A.; MATTOS, C. R.; BALESTIERI, J. A. P. Educação contextualizada: rompendo as barreiras do uso racional da energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA – COBEM, 16, 2001b, Uberlândia. **Anais...** CD-ROM, 2001b, p.39-44.
- DIAS, R. A.; MATTOS, C. R.; BALESTIERI, J. A. P. Desenvolvimento de temas transversais no ensino de ciências térmicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS TÉRMICAS – ENCIT, 9, 2002, Caxambu. **Anais...** CD-ROM, 2002.
- DIEGUEZ, C. Foi apenas um susto. **Veja**, 23 fev. 2000. Economia e Negócios, p.130-131.
- DINCER, I. Environmental impacts of energy. **Energy Policy**, v.27, pp.845-854. 1999.
- DOE – DEPARTMENT OF ENERGY. **Get energy smart – K-12 activities**. USA: 1999. Disponível em: <<http://www.eren.doe.gov/buildings/k-12activities>>. Acesso em: 17 set. 2000.

ELETROBRÁS **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL** . Rio de Janeiro: 2000. Disponível em: <<http://www.eletronbras.gov.br/procel>>. Acesso em: 20 mai. 2000.

FALZETTA, R. Na era das tecnoaulas. **Nova Escola**, São Paulo, dez. 2000. p.55-61.

FGV – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS A era Vargas. Rio de Janeiro: 2001. Disponível em: <<http://www.cpdoc.fgv.br/comum/htm/>>. Acesso em: 11 out. 2002.

FRANÇA, C. A. V. **Teoria da dissonância cognitiva: inferências educacionais**. 1982. 83p. Dissertação (Mestrado em Educação – Psicologia Educacional) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GASPAR , A. **Museus e centros de ciências – conceituação e proposta de um referencial teórico**. 1993. 135p. Tese (Doutorado na Área de Didática) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GELLER, H.; JANNUZZI, G. M.; SCHAEFFER, R.; TOLMASQUIM, M. T. The efficient use of electricity in Brazil. **Energy Policy**, v.26, n.11, p.859-872. 1998.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998, 235p.

GOLDRING, H.; OSBORNE, J. Students' difficulties with energy and related concepts. **Physics Education**, v.29, n.4, p.26-31, 1994.

HAAS, R. Energy efficiency indicators in the residential sector. **Energy Policy**, v.25, n.7-9, p.789-802, 1997.

HOLANDA, M. R. **Avaliação do potencial de cogeração a partir de resíduos sólidos municipais na região de Guaratinguetá**. 1998. 145p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica – Transmissão e Conversão de Energia) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

HOLANDA, M. R.; BALESTIERI, J. A. P. Cogeneration in a solid-wastes power-station: a case-study. **Applied Energy**, v.21, n.4, p.523-533, 1999.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL **Programa brasileiro de etiquetagem**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/prodEtiquetados.asp#etiqueta>>. Acesso em: 09 out. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA) **Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores – Proconve**. 2001 [citado 01 out. 2001]. Disponível na *World Wide Web*: <<http://www2.ibama.gov.br/proconve/>>.

JONES, E.; LEACH, M.; WADE, J. Local policies for DSM: the UK's home energy conservation act. **Energy Policy**, v.28, n.3, p.201-211, 2000.

KANDPAL, T. C.; GARG, H. P. Energy Education. **Applied Energy**, v.64, n.1-4, p.71-78, 1999.

KRAUSE, G. G. **Agência Nacional do Petróleo – ANP, Superintendência de Estudos Estratégicos** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <rubdias@zipmail.com.br> em: 07 fev. 2000.

LACERDA NETO, J. C. N.; ALMEIDA, N.; BARROS FILHO, J.; SILVA, D.; SÁNCHEZ, C.G., ORDONES, J. F.; SILVA, C. A. D. O ensino técnico para o próximo século: um estudo considerando a perspectiva CTS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA – COBEM, 15, 1999, Águas de Lindóia. **Anais...** CD-ROM, 1999.

LA ROVERE, E.L. Conservação de energia em sua concepção mais ampla: estilos de desenvolvimento a baixo perfil de consumo de energia. In: _____. **Economia e tecnologia da energia**. Editora Marco Zero/FINEP, 1985. p.474-489.

LA ROVERE, E. L. **Energia: Atuação e Tendência**. Rio de Janeiro: FINEP - Departamento de Transporte e Energia, 1994, 112p.

LEITE, A. D. **A energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997, 528p.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. São Paulo: Editora Cortez, 1992, 261p.

LLAGOSTERA, J. Reflexão pedagógica no âmbito do ensino de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA – COBEM, 15, 1999, Águas de Lindóia. **Anais...** CD-ROM, 1999.

MARTIN, J.M. **A economia mundial da energia**. São Paulo: Editora Unesp, 1992, 135p.

MARTINS, G. A. Guia para elaboração de monografias e trabalhos de conclusão de curso. In: _____. **Técnicas para coleta de dados e informações**. São Paulo: Atlas, 2000, p.46.

MARTINS, A. R. Sobre os recursos de ensino. **Integração**, ano 2, n.6, p.205-209, 1996.

MELLONI, E. Reunião da Opep pode por fim à crise do petróleo. **O Estado de São Paulo**. São Paulo, 5 mar. 2000. Economia, p.1.

NADEL, S.; GELLER, H. Utility DSM: What have we learned? Where are we going?. **Energy Policy**, v.24, n.4, p.289-302, 1996.

NEWBOROUGH, M.; PROBERT, D. Purposeful energy education in the UK. **Applied Energy**, v.48, p.243-259, 1994.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD)**. 2000. Disponível em: <<http://www.undp.org.br>>. Acesso em: 13 fev. 2001.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Relatório do desenvolvimento humano 2001**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD): 2001. Disponível em: <<http://www.undp.org.br>>. Acesso em: 20 nov. 2002.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Relatório do desenvolvimento humano 2002**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD): 2002. Disponível em: <<http://www.undp.org.br>>. Acesso em: 20 nov. 2002.

PATTERSON, M.G. What is energy efficiency?. **Energy Policy**, v.24, nos.5, p.377-390. 1996.

PETROBRAS **Programa nacional da racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural – CONPET**. Rio de Janeiro: 2000. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/conpet>>. Acesso em: 06 jul. 2000.

PIMENTEL, G.; ZALTZMAN, C.; LEONELLI, P.A.; PIRES, C.A.P.; GELLER, H.; SOUZA, R.C. Atitudes do consumidor brasileiro quanto à conservação de energia elétrica. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – SNPTEE, 15, 1999, Foz do Iguaçu, Brasil. **Anais...** CD-ROM, Foz do Iguaçu: Itaipú Binacional, 1999.

PNUD; IPEA; FJP; IBGE **Desenvolvimento humano no Brasil, 1970 – 1996**. 1998. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 21 nov. 2002.

PROBERT, S. D.; TAM, K. W.; LEUNG, C. W. Energy management in dairy-products plant. **Applied Energy**, v.32, n.2, p.83-100,1989.

- RATNER, C. **A psicologia sócio-histórica de Vygotsky: aplicações contemporâneas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995, p.126-168.
- ROGERS, E. M. Categorias de adoptantes. In: _____. **Difusión de innovaciones**. Colombia: Colección Monografías Sociológicas, 1966, p.153-201.
- SCHIPPER, L.; HAAS, R. The political relevance of energy and CO₂ indicators – an introduction. **Energy Policy**, v.25, nos.7-9, p.639-649. 1997.
- SONCINI, N. L.; STEVANATO, L. A.; FORTES, H. Contribuição da metodologia de pesquisa qualitativa à comunicação publicitária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 21, 1998, Recife. **Anais...** Disponível em: <<http://www.intercom.org.br/papers/xxi-ci/gt05/GT0511.PDF>>. Acesso em: 10 ago. 2002, 1998.
- STERN, P. C. What psychology knows about energy conservation. **American Psychologist**, v.47, n.10, p.1224-1232, 1992.
- THORWALD, J. **O século dos cirurgiões**. São Paulo: Editora Hemus, 1976.
- TOLMASQUIM, M.T. Opção pelo modelo do desperdício. **Jornal do Brasil**. Rio de Janeiro, 10 mar. 1991. Idéias e Ensaio – Energia, p.10-11.
- VAN WYLEN, G.J.; SONNTAG, R.E.; BORGNAKKE, C. **Fundamentos da termodinâmica clássica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995, 591p.
- VIGLIETTA, L. Efficiency in the teaching of energy. **Physics Education**, v.25, p.317-321, 1990.
- VINE, E. L.; HARRIS, J. P. Evaluating energy non-energy impacts of energy conservation programs: a supply curve framework of analysis. **Energy**, v.15, n.1, p.11-21, 1990.
- WEBER, L. Viewpoint – some reflections on barriers to the efficient use of energy. **Energy Policy**, v.25, no.10, p.833-835. 1997.
- WIMBERLY, J.; MALLOY, K.; LIERI, K. V. The customer stewardship program: successfully linking consumer education and corporate strategy. **The Electricity Journal**, v.12, n.7, p.32-41. 1999.
- WOHLGEMUTH, N. World transport energy demand modelling: methodology and elasticities. **Energy Policy**, v.25, nos.14-15, p.1109-1119, 1997.

APÊNDICE A

DESENVOLVIMENTO HUMANO E O CONSUMO DE ENERGIA

A.1. INTRODUÇÃO

O uso da energia e o desenvolvimento social, político e econômico das nações são fenômenos que estabelecem entre si relações de dependência de caráter bilateral, ou seja, as interferências de um sobre o outro alternam conforme o tipo de política de desenvolvimento adotado.

Conforme apresentado no capítulo 2 desta tese, visando-se a correção de algumas distorções presentes nas avaliações que envolviam o uso do PIB *per capita* como única ferramenta de análise do desenvolvimento sócio-econômico, foi criado em 1990, pelos economistas Mahbub ul Haq e por Amartya Sen, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o qual agregou a longevidade de uma população e o seu nível de instrução.

Este apêndice tem a finalidade de mostrar de forma **simplificada** o cálculo do IDH e como o mesmo pode ser associado ao consumo da energia. A partir de alguns valores tomados como exemplo, foi possível avaliar o potencial de economia de energia dos países da OCDE, confirmando os resultados apresentados por Weber (1997). Todavia, uma análise completa sobre as relações entre o IDH e o uso da energia conduziria certamente a um outro trabalho em virtude da complexidade do tema.

A.2. CÁLCULO DO IDH

As informações aqui mostradas fazem parte do Relatório do Desenvolvimento Humano – RDH – (ONU, 2001, 2002), o qual serve de base para a apresentação dos conceitos e relações presentes no cálculo do IDH.

O IDH é um indicador que mede o desenvolvimento médio de um país a partir de três dimensões básicas:

- a) expectativa de vida;
- b) nível educacional, que divide-se em taxa de alfabetização de adultos¹⁸ e taxa combinada de matrícula¹⁹;

¹⁸ **Taxa de alfabetização:** é a razão entre o número de pessoas com 15 ou mais anos de idade que são capazes de ler e escrever em bilhete na sua língua nativa e o número total de pessoas com idade igual ou superior a 15 anos no ano de referência (PNUD; IPEA; FJP; IBGE, 1998).

¹⁹ **Taxa combinada de matrícula:** é o somatório do número de pessoas matriculadas nos estabelecimentos de ensino (por exemplo, no Brasil, ensinos fundamental, médio e superior) dividido pelo número de pessoas com idade de 7 a 22 anos, no ano de referência (PNUD; IPEA; FJP; IBGE, 1998).

c) desempenho econômico medido pelo PIB em dólares PPC²⁰;

Para o desenvolvimento do cálculo do IDH, torna-se necessário criar um índice para cada uma das três dimensões, estipulando-se valores mínimos e máximos para cada indicador primário (Tabela A.1).

Tabela A.1 – Valores de referência para os indicadores primários.

Indicador	Unidade	Valor mínimo	Valor máximo
Expectativa de vida	anos	25	85
Educação	Taxa de alfabetização	%	0
	Taxa combinada de matrícula	%	0
PIB <i>per capita</i>	PPC US\$	100	40000

A avaliação de cada dimensão é obtida pela equação (A.1), cujos valores calculados vão de 0 a 1.

$$\text{índice de dimensão} = \frac{\text{valor real} - \text{valor mínimo}}{\text{valor máximo} - \text{valor mínimo}} \quad (\text{A.1})$$

No cálculo do índice da educação, são atribuídos pesos, de acordo com a equação (A.2), aos índices das taxas de alfabetização e de matrícula.

$$\text{índice da educação} = \frac{2}{3}(\text{índice de alfabetização}) + \frac{1}{3}(\text{índice da taxa de matrícula}) \quad (\text{A.2})$$

Quanto ao cálculo do índice do PIB a equação (A.1) é ajustada aplicando-se o logaritmo a cada termo após a igualdade, conforme a equação (A.3). Tal procedimento parte do princípio de que não é necessário um rendimento ilimitado para alcançar um nível elevado de desenvolvimento humano.

$$\text{índice do PIB} = \frac{\log(\text{valor real}) - \log(\text{valor mínimo})}{\log(\text{valor máximo}) - \log(\text{valor mínimo})} \quad (\text{A.3})$$

²⁰ **Paridade dos poderes de compra (PPC)** (em inglês, *purchasing power parity – PPP*): este conceito afirma que o preço de um bem num país será igual ao preço do mesmo bem noutra país, sendo os preços expressos em moeda local e convertidos à taxa de câmbio corrente.

Finalmente, o IDH é calculado a partir da média aritmética dos três índices de dimensão: expectativa de vida, educação e PIB.

A título de exemplo, será calculado o IDH do Brasil em 2000 a partir dos dados apresentados na Tabela A.2.

Tabela A.2 – Indicadores para o cálculo do IDH brasileiro em 2000.

Indicador	Unidade	Valor	
Expectativa de vida	anos	67,7	
Educação	Taxa de alfabetização	%	85,2
	Taxa combinada de matrícula	%	80
PIB <i>per capita</i>	PPC US\$	7625	

- Expectativa de vida – equação (A.1)

$$\text{índice de expectativa de vida} = \frac{67,7 - 25}{85 - 25} = 0,712$$

- Educação – equações (A.1) e (A.2)

$$\text{índice da taxa de alfabetização} = \frac{85,2 - 0}{100 - 0} = 0,852$$

$$\text{índice da taxa de matrícula} = \frac{80 - 0}{100 - 0} = 0,800$$

$$\text{índice da educação} = \frac{2}{3}(0,852) + \frac{1}{3}(0,800) = 0,835$$

- PIB – equação (A.3)

$$\text{índice do PIB} = \frac{\log(7625) - \log(100)}{\log(40000) - \log(100)} = 0,723$$

- IDH – média aritmética dos índices expectativa de vida, educação e PIB

$$\text{IDH} = \frac{0,712 + 0,835 + 0,723}{3} = 0,757$$

A.3. IDH E O CONSUMO DE ENERGIA

Diante da diversidade dos níveis de desenvolvimento das nações, surge uma série de fatores que indicam as condições sociais, políticas e econômicas, tais como necessidades humanas, tendências demográficas, saúde, educação, tecnologia, desempenho econômico e, em particular para esta análise, energia e meio ambiente.

Na Tabela A3 estão listados alguns valores que associam o IDH com o consumo *per capita* de energia.

Tabela A.3 – Associação do IDH com o consumo de energia para alguns países em 1999.

Classificação	País	IDH 1999	PIB _{per capita} (PPC US\$) 1999	PIB/Energia (PPC US\$/kgep) 1999	Energia consumida (tep _{per capita})
Alto desenvolvimento	1 Noruega	0,939	28433	4,80	5,9
	6 Estados Unidos	0,934	31872	3,90	8,2
	11 Suíça	0,924	27171	7,30	3,7
	16 Áustria	0,921	25089	7,20	3,5
	20 Itália	0,909	22172	7,70	2,9
	21 Espanha	0,908	18079	6,10	3,0
	26 Singapura	0,876	20767	3,60	5,8
	30 Malta	0,866	15189	6,00	2,5
	36 Hungria	0,829	11430	4,60	2,5
	41 Costa Rica	0,821	8860	10,80	0,8
46 Croácia	0,803	7387	4,10	1,8	
47 Lituânia	0,803	6656	3,10	2,1	
Médio desenvolvimento	49 Trindade e Tobago	0,798	8176	1,30	6,3
	56 Malásia	0,774	8209	4,30	1,9
	58 Romênia	0,772	6041	3,80	1,6
	65 Líbano	0,758	4705	3,30	1,4
	69 Brasil	0,750	7037	6,70	1,1
	72 Armênia	0,745	2215	4,90	0,5
	73 Peru	0,743	4622	8,90	0,5
	76 Geórgia	0,742	2431	4,80	0,5
	81 Sri Lanka	0,735	3279	8,10	0,4
	86 República Dominicana	0,722	5507	6,20	0,9
	95 El Salvador	0,701	4344	6,80	0,7
	100 Argélia	0,693	5063	5,40	0,6
	105 Egito	0,635	3420	4,90	0,3
	111 Namíbia	0,601	5468	9,60	0,5
	112 Marrocos	0,596	3419	10,00	0,4
	115 Índia	0,571	2248	4,70	0,5
119 Gana	0,542	1881	5,00	0,5	
123 Quênia	0,514	1022	2,10	0,4	
135 Camarões	0,506	1573	3,80	0,4	
126 Congo	0,502	727	2,80	0,3	
Baixo desenvolvimento	127 Paquistão	0,498	1834	4,20	0,4
	128 Togo	0,489	1410	4,70	0,3
	132 Bangladesh	0,470	1483	10,80	0,1
	136 Nigéria	0,455	853	1,20	0,7
	143 Zâmbia	0,427	756	1,20	0,6
	145 Senegal	0,423	1419	4,50	0,3
	147 Benin	0,420	933	2,90	0,3
	157 Moçambique	0,323	861	2,10	0,4
158 Etiópia	0,321	628	2,20	0,3	

Ainda com relação à Tabela A.3, os valores apresentados na coluna referente à energia consumida foram calculados a partir dos dados do PIB per capita e da relação PIB/Energia de 1999, ambos obtidos dos Relatórios do Desenvolvimento Humano (ONU, 2001, 2002).

A Figura A.1 mostra a relação entre o IDH e consumo de energia. De acordo com o RDH, todos os países são classificados, quanto ao desenvolvimento em três grupos:

- Elevado desenvolvimento humano: $1,000 \geq \text{IDH} \geq 0,800$
- Médio desenvolvimento humano: $0,799 \geq \text{IDH} \geq 0,500$
- Baixo desenvolvimento humano: $0,499 \geq \text{IDH} \geq 0,000$

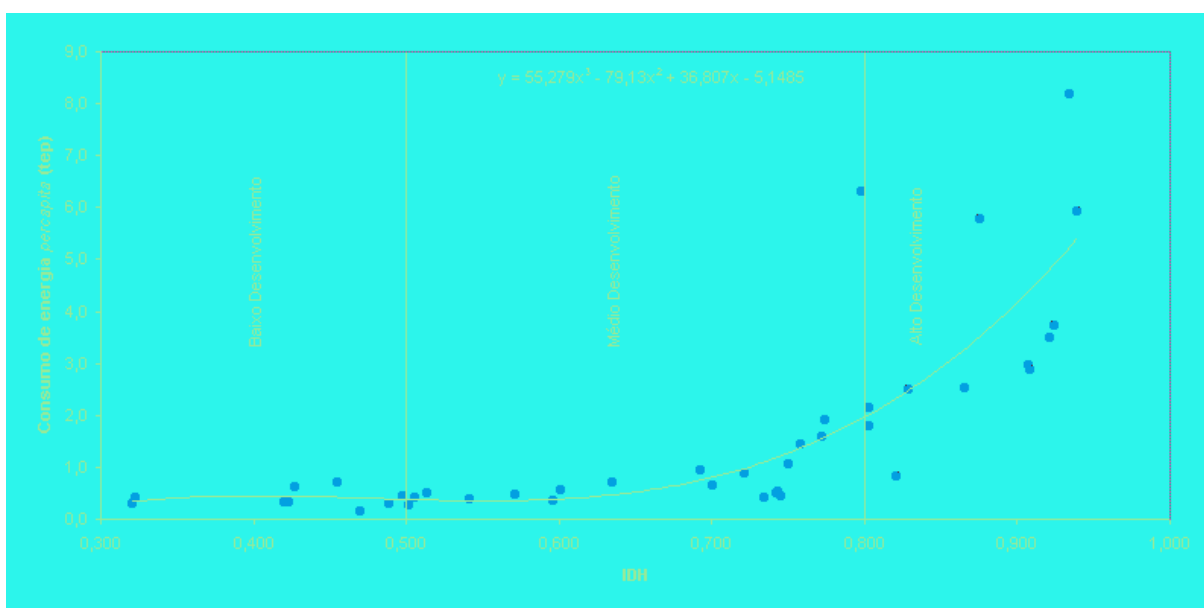


Figura A.1 – Gráfico do IDH *versus* consumo de energia

A.4. ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA NOS PAÍSES DA OCDE

A partir das informações contidas no Relatório de Desenvolvimento Humano (ONU, 2001, 2002), buscar-se-á estabelecer um novo patamar de consumo de energia para os países da OCDE sem, no entanto, prejudicar a capacidade de desenvolvimento.

Considerando-se a Figura A.1, o conjunto de pontos distribuídos no gráfico consumo de energia *versus* IDH pode ser aproximado por uma curva cuja função é dada pela equação (A.4).

$$E(I) = 55,279 I^3 - 79,13 I^2 + 36,807 I - 5,1485 \quad (\text{A.4})$$

sendo:

$E(I)$: consumo de energia *per capita* (tep)

I : Índice de Desenvolvimento Humano – IDH

A estimativa do consumo médio de energia para os países da OCDE ($0,85 \leq \text{IDH} \leq 0,94$) é calculado a partir do valor médio da equação (A.4), dentro do intervalo do IDH.

$$\int_{0,85}^{0,94} E(I) dI = 13,82 I^4 - 26,38 I^3 + 18,40 I^2 - 5,1485 I \Big|_{0,85}^{0,94}$$

$$\int_{0,85}^{0,94} E(I) dI = 0,37 \text{ tep} \cdot \text{IDH} / \text{ano}$$

Considerando-se a faixa de análise do IDH:

$$E_{\text{médio}} = \frac{\int_{0,85}^{0,94} E(I) dI}{0,94 - 0,85} = 4,1 \frac{\text{tep}}{\text{ano}}$$

Assumindo-se o valor de 0,85 para um IDH satisfatório para que haja condições de desenvolvimento, ter-se-ia um consumo de energia de aproximadamente 2,9 tep, o que equivaleria a um potencial de economia:

$$\text{Potencial de economia} = \frac{4,1 - 2,9}{4,1} \times 100 = 29,3\%$$

De acordo com Weber (1997), o potencial de economia de energia nos países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é estimada em 30% da energia total consumida. Portanto, o valor de 29,3% confirma o resultado obtido na análise daquele autor.

A.5. DESENVOLVIMENTO HUMANO E A DEMOCRATIZAÇÃO DA ENERGIA

O uso da energia tem a sua participação assegurada no cotidiano das pessoas, independentemente do modelo de desenvolvimento adotado. No final do século XX e início do XXI, várias discussões a respeito do desenvolvimento humano têm ganhado espaço tanto em âmbito nacional quanto internacional, como por exemplo as diretrizes contidas na Agenda 21.

Um dos temas recorrentes reporta-se aos modelos de desenvolvimento sustentável, mediante a necessidade da busca do equilíbrio entre as necessidades humanas, o uso da energia e o meio ambiente. Nesse contexto, torna-se observável que aproximadamente um quarto da população mundial conduz seus modelos de desenvolvimento impulsionados pelo consumo em larga escala de bens e serviços, contrapondo-se aos três quartos da população mundial, que em algumas circunstâncias mais dramáticas parecem estar aprisionadas no passado, submetidos a uma série de dificuldades e privações.

O uso racional da energia constitui numa das ferramentas com considerável potencial de colaborar com a adequação das quantidades de energia, desde a exploração dos recursos primários até o uso final. Pois, se de um lado existem países em condições de reduzir o seu consumo de energia, mesmo havendo uma série de barreiras políticas e econômicas a serem superadas, por outro lado, os países em desenvolvimento necessitam criar modelos sócio-econômicos que não repitam os resultados indesejáveis de outras experiências e nem desestimulem soluções locais, proporcionando um aumento no consumo de energia em bases sustentáveis.

APÊNDICE B

O USO RACIONAL DA ENERGIA ATRAVÉS DO INCENTIVO AO TRANSPORTE COLETIVO

B.1. INTRODUÇÃO

O setor elétrico apropriou-se do termo uso racional da energia, principalmente pela sua maior participação nos meios de comunicação, pela considerável presença de equipamentos elétricos nos vários segmentos sociais e, mais recentemente no Brasil, devido ao período de racionamento de energia elétrica entre o segundo semestre de 2001 e início de 2002. Entretanto, o uso racional da energia necessita ser entendido como uma ferramenta de aplicação interdisciplinar na avaliação dos vários processos energéticos, independentemente da fonte primária de energia, a qual possibilita estabelecer critérios comparativos entre as unidades consumidoras de energia.

Aproveitando-se da característica interdisciplinar do uso racional da energia, será apresentado um estudo que visa avaliar o impacto no consumo de petróleo e na emissão de dióxido de carbono (CO₂) considerando-se o transporte de passageiros num veículo particular e num coletivo.

B.2. O SETOR DE TRANSPORTES

O setor de transportes é responsável por mais da metade do consumo mundial de petróleo e, aproximadamente, 30% do total da energia comercializada no mundo. É estimado que 25% das emissões de CO₂ no mundo, devido a queima de combustíveis fósseis, podem ser atribuídas ao transporte, e desse valor a OECD participa com mais de 30% (DARGAY; GATELY, 1997).

De 1973 até 1993 o uso da energia do setor de transportes, no mundo, aumentou em 77%, numa média de crescimento anual de 2,6%. Essa taxa de crescimento foi muito maior que o crescimento da demanda energética do setor industrial (1,9%) ou de outros setores de uso final (1,9%). A participação dos derivados de petróleo no setor de transportes aumentou de 41,9% do total produzido em 1971 para 55,6% em 1993 (WOHLGEMUTH, 1997).

Nas áreas urbanas, o uso do automóvel ao invés de proporcionar maior liberdade de movimento, está sendo responsável pelos congestionamentos. Para os países da União Européia, por exemplo, o custo com congestionamentos é por volta de 2% do PIB anual (WOHLGEMUTH, 1997).

Na década de 1970 muitas análises ambientais e instrumentos legais de controle estavam concentrados em poluentes convencionais, tais como SO₂, NO_x, particulados e CO. Recentemente, a preocupação ambiental tem se estendido para o controle de outros poluentes, incluindo-se substâncias químicas tóxicas (mesmo presentes em pequenas quantidades), bem como poluentes de significativo impacto global, como por exemplo o CO₂ (DINCER, 1999). Diante do exposto, a avaliação da eficiência energética no setor de transportes também consiste num elemento de importância estratégica, tanto no contexto do planejamento energético quanto nas políticas de preservação do meio ambiente.

B.3. ELEMENTOS DETERMINANTES NOS TRANSPORTES

Os elementos determinantes quanto ao uso dos transportes podem ser agrupados em econômico, sócio-demográfico e fatores geográficos. Determinantes econômicos são principalmente retorno de capital e custo da viagem. Fatores sócio-demográficos inclui as relações entre o tamanho de um família e sua estrutura, gênero, posição social e distribuição de idade da população. As condições geográficas influenciam no consumo através da densidade populacional e as distâncias entre os destinos (WOHLGEMUTH, 1997).

B.4. O BRASIL E A OPÇÃO PELO TRANSPORTE RODOVIÁRIO

A opção pelo transporte rodoviário em território brasileiro tem o seu marco histórico no governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961), através do projeto de desenvolvimento econômico adotado na sua gestão, cujo slogan era “cinquenta anos de progresso em cinco de governo”. A política adotada favoreceu uma nova etapa na industrialização do país, caracterizada principalmente pela implantação das fábricas de automóveis. Com o aumento da produção automobilística surgiu a necessidade da construção e modernização das estradas de rodagem e, conseqüentemente, acarretou num consumo crescente do petróleo e seus derivados (LEITE, 1997).

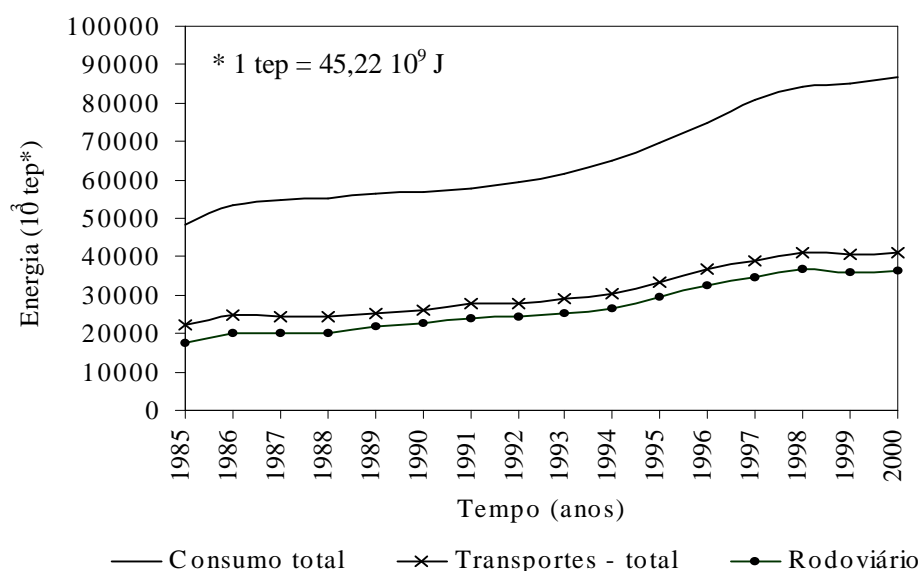
O setor de transporte rodoviário desenvolveu-se de forma tão acentuada que acabou inibindo o desenvolvimento de outros meios de transportes, dentre os quais, o ferroviário e o fluvial.

Após as duas crises do petróleo (1973 e 1979), ocasionando o aumento do preço do barril, começaram surgir as primeiras preocupações com relação à dependência do petróleo; cabe ressaltar que, em 1975, o petróleo importado representava 79,8% do total processado nas refinarias (BNDES, 1998).

No final da década de 1970 e na primeira metade da década de 1980, o programa de substituição da gasolina pelo álcool combustível (Programa do Pró-álcool) para os automóveis particulares, surgiu como uma alternativa à redução das importações de petróleo. Tal iniciativa, apesar de contribuir com o avanço em determinados segmentos produtivos do país, não apresentava significativas alterações estruturais no setor de transportes, havendo, portanto, somente o deslocamento do tipo de energético dentro da matriz energética.

Em 1986, o aumento da oferta do petróleo no mercado, forçado pela Arábia Saudita, determinou a queda do valor do barril para US\$ 7,85²¹ no mercado *spot* (compra à vista com entrega imediata), seguido de um aumento que o colocou em uma faixa compreendida entre US\$12,00 e US\$ 20,00 (MELLONI, 2000). Nessas circunstâncias, os derivados do petróleo, principalmente a gasolina, reassumiram a sua participação na matriz energética nacional.

Atualmente o Brasil importa 16% do petróleo que consome (MME, 2001), todavia, tal fato não garante uma balança comercial favorável, em virtude do crescente aumento de demanda de combustíveis e pelas variações no preço do barril de petróleo²². A Figura B.1 mostra a evolução do consumo total de petróleo de 1985 a 2000, na qual destaca-se a participação do transporte rodoviário como o agente determinante do perfil de consumo do setor de transportes.



Fonte: MME (2001)

FIGURA B.1 – Evolução do consumo de petróleo no Brasil.

²¹ Em 1979, o valor do barril de petróleo havia chegado próximo dos US\$ 40,00.

²² Em 4 jul. 2002, o barril de petróleo tipo Brent para entrega em agosto estava cotado a US\$ 25,59.

B.5. ESTUDO DE CASO

A avaliação que se segue, visa estabelecer a comparação entre um automóvel particular e um ônibus, no que diz respeito à necessidade de processamento de petróleo e emissão de dióxido de carbono por passageiro.

Para o desenvolvimento do estudo de caso foram assumidas as condições apresentadas nas Tabelas B.1 e B.2.

Tabela B.1 – Dados assumidos para o automóvel

Automóvel	
Combustível	gasolina
Desempenho	10 km/l
Distância percorrida	50 km
Ocupação	1 passageiro

Tabela B.2 – Dados assumidos para o ônibus

ônibus	
Combustível	diesel
Desempenho	2,7 km/l
Distância percorrida	50 km
Ocupação	44 passageiros

Como os dois meios de transporte funcionam com combustíveis distintos, os valores de consumo, para efeito de comparação, serão representados em quantidade de petróleo necessários no processo de refino, seguindo os percentuais mostrados na Tabela B.3 (Bartelli Júnior, 2001).

Tabela B.3 – Distribuição de mercado para o refino do petróleo

Distribuição no refino do petróleo²³ (%)	
GLP	12
Nafta	11,4
Gasolina	18,3
Querosene	4,4
Diesel	33,8
Óleo combustível	14,9
Outros	5,2

²³ 1 barril de petróleo = 158,98 litros.

Nas Tabelas B.4 e B.5 estão presentes os cálculos dos consumos específicos para cada modalidade de transporte.

Tabela B.4 – Consumo de petróleo para o automóvel

Automóvel
Consumo = $50 \div 10 = 5$ l de gasolina
158,98 l de petróleo → 29,1 l de gasolina
Consumo = 27 l de petróleo
Consumo_{específico} = 27 l de petróleo/passageiro

Tabela B.5 – Consumo de petróleo para o ônibus

Ônibus
Consumo = $50 \div 2,7 = 18,5$ l de diesel
158,98 l de petróleo → 53,7 l de diesel
Consumo = 54,8 l de petróleo
Consumo_{específico} = 1,3 l de petróleo/passageiro

Quanto às emissões de poluentes na atmosfera, a Tabela B.6 apresenta os valores para o CO₂ (para os dados do estudo de caso), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO_x). Cabe ressaltar que as emissões apresentadas são valores totais por veículo, o número de passageiros determinará o valor final em g/km. Em relação ao estudo de caso apresentado, considerando-se as emissões de CO₂, o automóvel produz 235 g/km por passageiro, enquanto o ônibus emite 21,8 g/km por passageiro.

Tabela B.6 – Emissão de alguns poluentes

Poluentes	Automóvel^{***}	Ônibus^{***}
Dióxido de carbono (g/km) [*]	235	958
Monóxido de carbono (g/km) ^{**}	2,0	4,0
Óxidos de nitrogênio (g/km) ^{**}	0,6	7,0

^{*} Condição estequiométrica para os dados do estudo de caso.

^{**} Limites máximos de emissão (Ibama, 2001).

^{***} Valores sem considerar a taxa de ocupação.

B.6. COMENTÁRIOS FINAIS

Os conceitos pertinentes ao uso racional de energia são de considerável utilidade quando destinados ao planejamento do uso das fontes energéticas. É fato que existem vários fatores de ordem social, econômica e tecnológica que dificultam a implementação de ações no

campo da energia, principalmente no que tange aos modelos de desenvolvimento adotados e às estruturas associadas, como no caso do setor de transportes. Nas refinarias, a produção de cada derivado de petróleo deve respeitar uma determinada faixa percentual no processo de destilação, ou seja, estão presentes tanto os limites físico-químicos (por exemplo, a impossibilidade de produzir somente um tipo de derivado de petróleo) quanto os mercadológicos (os percentuais para cada derivado de petróleo, no processo de destilação, buscam respeitar as necessidades de cada mercado consumidor). A partir da opção pelo transporte rodoviário, outros segmentos econômicos se fortaleceram (tais como as indústrias automobilísticas e de autopeças, as transportadoras e as empresas de construção civil), participando nos rumos políticos e econômicos do país, ao defenderem os seus interesses; por outro lado, essas organizações são responsáveis por vários postos de trabalho, envolvendo outros grupos sociais, com os seus próprios interesses.

Mesmo havendo barreiras no desenvolvimento das atividades ligadas ao uso eficiente da energia, a avaliação dos impactos das formas de uso da energia constitui numa das etapas que proporcionam uma visão estratégica dentro do próprio modelo de desenvolvimento adotado. Nesse contexto, torna-se possível identificar procedimentos que podem ser modificados dentro de determinados prazos, conforme a sua viabilidade técnica e econômica.

No estudo de caso apresentado, dentro de uma análise preliminar, verificou-se a vantagem em investir no transporte coletivo de passageiros, em relação ao transporte particular individual. O transporte coletivo além de contribuir com a redução do volume de petróleo processado nas refinarias, permite a diminuição na emissão de gases poluentes, quando são comparados os valores por passageiro transportado. Os resultados apresentados foram obtidos de valores médios em condições ideais de tráfego, o que sugere a agregação de outros fatores para estudos mais completos, como por exemplo, a qualidade dos serviços de transporte coletivo, alterações urbanísticas e rodoviárias, logística e segurança.

O propósito desse trabalho foi mostrar que é possível iniciar uma discussão a respeito de uso racional de energia num setor diferente do elétrico. O uso racional da energia agrega em si elementos que possibilitam a avaliação de sistemas energéticos, em toda sua abrangência e complexidade, conferido-lhe características que o colocam lado a lado com outras ferramentas analíticas no planejamento energético.

APÊNDICE C

DESENVOLVIMENTO DE TEMAS TRANSVERSAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS TÉRMICAS

C.1. INTRODUÇÃO

No processo educacional brasileiro tem-se observado várias reformulações curriculares com o objetivo de construir um novo perfil de cidadão, que esteja sintonizado com os processos produtivos e suas relações com a sociedade. No tocante à educação em nível superior, as finalidades definidas pela Lei nº 9394 (MEC, 1996) além de atribuir a responsabilidade de alavancar desenvolvimento científico e técnico, através do conhecimento dos problemas mundiais e mais particularmente os nacionais e regionais, visa também promover a integração com a sociedade por intermédio da difusão das conquistas e benefícios resultantes da criação cultural e da pesquisa científica e tecnológica.

No caso da engenharia, mais especificamente no ensino das Ciências Térmicas, uma meta a ser atingida seria a introdução da noção de co-responsabilidade por parte do futuro profissional com respeito ao desenvolvimento social, econômico e ambiental da sociedade, de modo a que a sociedade como um todo alcance patamares mais elevados de qualidade de vida com respeito a esses quesitos. Com tal perspectiva, a capacidade de transformação do meio ambiente através dos processos que envolvem as conversões e transferências energéticas é umas das questões mais delicadas a serem enfrentadas. As grandes alterações no planeta têm sido alvo de amplos debates alimentados pela observação das modificações climáticas, causadas em parte pela alteração nos ciclos naturais do carbono, da água e do ar, pela escassez de água potável e pela crescente necessidade do uso da energia.

Diante de tais circunstâncias, o ensino das Ciências Térmicas deve buscar um enfoque que não o coloque de maneira isolada, mas evidencie as relações de causa e efeito entre tecnologia e sua influência sobre a sociedade. A abordagem de temas transversais, como por exemplo, uso racional da energia, lixo urbano e meio ambiente, constituem elementos que podem funcionar como linha mestra dentro em um conteúdo programático, resgatando uma série de conceitos e informações que contribuem para uma visão mais ampla da capacidade de modificações decorrentes das atividades humanas e suas conseqüências.

Os currículos normalmente deixam a desejar quanto à relação entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). De um lado existem professores com deficiências didático-pedagógicas e que participam no processo educacional como perpetuadores de informações e procedimentos que lhes foram ensinados. Por outro lado, os livros didáticos reservam apenas algumas

páginas iniciais às questões ligadas às relações entre desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento humano, quase em caráter de curiosidade (Bazzo; von Linsengen; Pereira, 2000). Em um sistema educacional que se tem mostrado pouco flexível diante das modificações que a sociedade vem sofrendo, os alunos de engenharia acabam aprendendo conceitos (em sua maioria perenes) num contexto em que a conexão com a realidade não é privilegiada.

A contextualização dos conteúdos ensinados possibilita a assimilação dos conceitos em uma linguagem que supera o ambiente escolar, sem deixar o rigor que o conteúdo programático requer. Nesse trabalho propõe-se a utilização do tema “uso racional da energia” como forma de contextualizar o ensino das ciências térmicas devido à sua característica transversal, capaz de agregar várias informações dentro das áreas do conhecimento humano.

2. O USO RACIONAL DA ENERGIA

A escolha do uso racional da energia como tema transversal no ensino das Ciências Térmicas, baseia-se no fato de que as questões energéticas representam um conjunto de informações de considerável importância estratégica para o desenvolvimento social, político e econômico de uma nação. Todavia, mesmo sendo o uso racional da energia um assunto que remonta à década de 1970²⁴, a percepção dos problemas no setor energético é limitada em vários segmentos sociais, e se são obtidos resultados positivos em termos de economia de energia, em determinados momentos, em parte é graças à pressão tarifária, a qual não garante completamente a continuidade de comportamentos que contribuam para o uso consciente da energia.

No uso racional da energia visa-se a utilização dos recursos energéticos, dentro de suas etapas de transformação, de forma a proporcionar as condições para o desenvolvimento sustentável. Por isso, nos procedimentos necessários à utilização eficiente da energia devem ser objetivados a qualidade de vida, o respeito ao meio ambiente e atratividade econômica, os quais podem ser sistematizados em seis níveis de intervenção (La Rovere, 1985):

²⁴ O choque do petróleo de 1973, que apresentou em 1979 uma segunda oportunidade para a elevação súbita e unilateral do preço do barril de petróleo, com repercussões nas duas décadas seguintes, pode ser considerado um marco nas relações geopolíticas da energia. O descompasso então verificado entre a oferta e a demanda de um insumo básico para a indústria, comércio e transportes obrigou a mudança dos parâmetros até então vigentes, forçando as sociedades a aceitarem novos padrões de consumo (a redução no porte dos veículos, por exemplo) e a gerarem produtos com privilégio do aumento da eficiência (a evolução dos motores veiculares, com tecnologia eletrônica que garante elevadas potências para reduzidas capacidades volumétricas) e, mais recentemente, com maior apelo ambiental.

- a eliminação pura e simples de desperdícios;
- aumento da eficiência das unidades consumidoras;
- aumento da eficiência das unidades geradoras;
- reaproveitamento dos recursos naturais, pela reciclagem e redução do conteúdo energético dos produtos e serviços;
- rediscussão das relações centro/periferia, no que tange ao transporte e à localização de empresas produtoras e comerciais;
- mudança dos padrões éticos e estéticos, a partir dos quais a sociedade poderia penalizar os produtos e serviços mais energointensivos em favor de sua cidadania.

Mesmo sendo tecnicamente possível e economicamente viável, vários procedimentos sugeridos nesses níveis de intervenção, principalmente no último, não são de fácil condução em virtude de certas barreiras presentes, ou seja, pela presença de fatores que inibem o uso eficiente da energia. Esse cenário sugere um considerável potencial de energia a ser economizada; a título de exemplo, nos países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a energia a ser economizada é de aproximadamente de 30% da total consumida (Weber, 1997). De acordo com Weber (1997), as barreiras para o uso eficiente da energia dividem-se em quatro situações, ou na combinação dessas:

- institucionais: são de responsabilidade dos governos e autoridades locais;
- de mercado: presentes nas indefinições das propostas de negociação durante a compra e venda de energia, ou de produtos a ela vinculada;
- organizacionais: são as presentes nas instituições empresariais;
- comportamentais: estão presentes nos próprios indivíduos.

Dentre as possíveis linhas de ação para o cumprimento dos níveis de intervenção, levando-se em conta as barreiras existentes à sua implementação, a formação de profissionais conscientes das políticas energéticas e suas implicações constitui numa das formas de promover o uso racional da energia em bases mais estáveis, e conseqüentemente, parte dessa responsabilidade recai sobre a formação dos engenheiros.

C.3. PROPOSTA DE ENSINO PARA AS CIÊNCIAS TÉRMICAS

Em diversos centros universitários, o ensino das ciências térmicas segue uma seqüência que se inicia com a Mecânica dos Fluídos, sendo posteriormente seguido pela Termodinâmica

e a Transferência de Calor²⁵. No desenvolvimento das disciplinas mencionadas e nas que se utilizam dos conceitos estudados, o emprego de informações disponíveis no setor energético proporcionam uma visão do antes e do depois num processo de transformação energética.

Antes de tratar das transformações energéticas é necessário revelar outras variáveis que estão envolvidas no problema e que definem os tipos de recursos energéticos a serem utilizados, a disponibilidade dos mesmos no contexto nacional e internacional, as necessidades de importação e produção própria, as formas de negociação e condições mercadológicas, as estruturas de transporte, os impactos ambientais relacionados à exploração e uso de tais recursos e os interesses geopolíticos. Posteriormente aos processos de transformação energética, surgem outras variáveis, tais como o atendimento ao mercado consumidor, as estruturas de transporte, a tecnologia de uso final, os impactos ambientais decorrentes das transformações energéticas e as políticas setoriais. Tais elementos mantêm relações entre si, fazendo com que se estabeleça uma complexa cadeia de informações ao serem analisados; todavia, num estágio inicial de aprendizagem, essas informações devem ser conduzidas qualitativamente, e nesse ponto os aspectos históricos, geográficos e sociais contribuem para uma melhor eficiência didática. O importante, nesse nível, é que o estudante perceba que toda transformação energética está inserida em um contexto mais amplo do que o do sistema de transformação.

Uma das principais ferramentas para compreender os fenômenos ligados ao uso racional da energia é a aplicação da Segunda Lei da Termodinâmica. Com ela é possível compreender a necessidade de se minimizarem as irreversibilidades nas transformações energéticas, de modo a que seja obtido o máximo proveito possível da energia disponível e, por conseguinte, que se evite a exploração de recursos energéticos para o suprimento de desperdícios; no entanto, é notório que o ensino do conceito de entropia, exergia e irreversibilidade, assim como a aplicação da Segunda Lei no contexto dos fenômenos de engenharia, não é trivial. Há quase sempre, em decorrência desse fato, uma superficial e pouco enfática aplicação desses conceitos nos cursos de graduação, o que acaba sendo responsável pela perpetuação da sempre presente dificuldade de aceitação dos parâmetros exergéticos, pelo corpo técnico das empresas, como os verdadeiros indicadores de qualidade dos fluxos energéticos.

²⁵ Essa é uma questão discutível, com os que advogam que os conceitos da Termodinâmica devam ser ministrados antes que a Mecânica dos Fluidos seja apresentada, visto que a Equação de Conservação de Energia, ou 1ª Lei da Termodinâmica, faz parte das equações gerais apresentadas no conteúdo dessa última disciplina, e o pensamento contrário, em que a 1ª Lei é apresentada em termos gerais na Mecânica dos Fluidos para somente no ensino da Termodinâmica assumir maior expressão a compreensão e o cálculo dos termos entalpia e energia interna.

Para minorar tais dificuldades, uma proposta implementada pelos autores e que vem apresentando relativo sucesso consiste em explorar aspectos históricos correlatos de outras ciências que, à época do desenvolvimento dos conceitos afeitos à Segunda Lei, também apresentavam dificuldades técnicas que somente puderam ser superadas a partir do desenvolvimento de novos conceitos. Thorwald (1976) sinaliza o ano de 1846 como aquele em que a anestesia da dor por meio de gases químicos foi pela primeira vez empregado (p. 97), e esse é tido como um marco para a superação de um quadro tenebroso nesse campo do conhecimento, em que relatos médicos atestam os horrores da amputação e mesmo cauterização à margem daquele conhecimento; fazendo um paralelo para o campo das ciências térmicas, 1824 assinala a publicação da grande contribuição de Carnot (1824), trabalho no qual estabelece as bases para a construção da teoria que deu suporte à Segunda Lei, mas é em 1840 que James Joule estabeleceu o fator de proporcionalidade entre calor e trabalho, ocasião em que ainda persistia a compreensão da equação da Primeira Lei numa condição ideal, sem a incorporação das irreversibilidades (Van Wylen; Sonntag; Borgnakke, 1995). Tais aspectos são abordados em sala de aula, procurando estabelecer uma lógica de construção do conhecimento voltada a garantir melhor aceitação dos conceitos associados à Segunda Lei da Termodinâmica e suas aplicações.

Um exemplo de estratégia didática para que sejam explorados os aspectos de transversalidade do uso racional de energia no ensino de ciências térmicas seria a criação de um ambiente propício ao debate de temas que estão implícitos aos processos de transformação. A Figura C.1 permite a criação de oportunidades para explorar um pouco mais as variáveis envolvidas, e introduzir alguns conceitos para o uso racional da energia. Com esse esquema é possível integrar um elemento em geral estudado isoladamente no contexto da disciplina Termodinâmica, o ciclo Rankine, com seu uso final que, em função da tecnologia empregada e da forma de sua operação, atribui certas qualidades aos produtos e serviços dela decorrentes. De acordo com as características e o momento em que os produtos e serviços são obtidos, pode ocorrer tanto uma redução na utilização dos recursos e nos insumos por meio da adequação dos processos pela aplicação dos conceitos do uso racional da energia (o mesmo valendo para o ciclo Rankine) quanto um aumento nos recursos e insumos em virtude de um crescimento econômico.

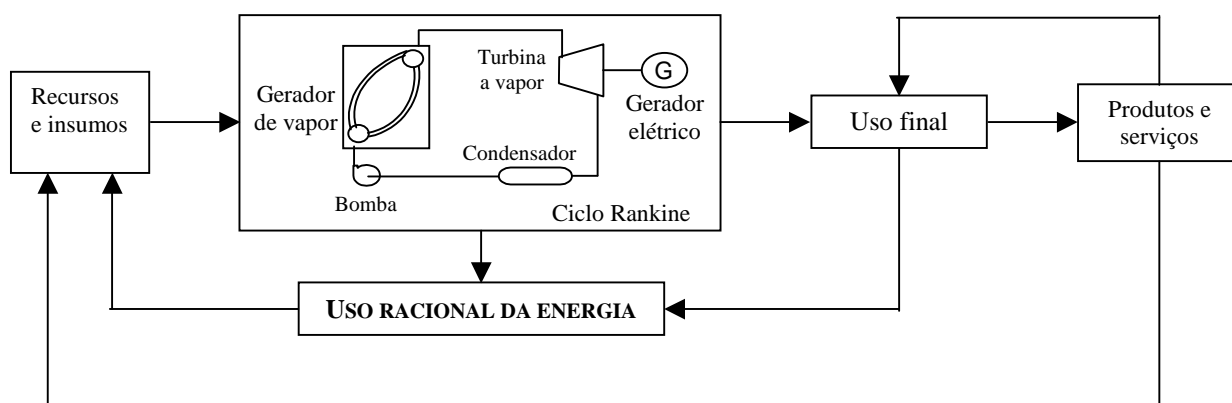


Figura C.1 – Representação esquemática do uso racional da energia nos processos energéticos

É comum nos cursos de engenharia, após o estudo dos principais conceitos da Mecânica dos Fluidos, a análise dos escoamentos incompressíveis e compressíveis através de cálculos que avaliam as necessidades de aplicação de trabalho e a quantificação das perdas de carga num determinado sistema. Os sistemas de compressão de gases e bombeamento de líquidos, bem como em suas distribuições, são responsáveis por significantes parcelas de perdas nas indústrias, nas residências e condomínios e nos sistemas de saneamento básico.

A contextualização para o ensino de um determinado escoamento permite estabelecer relações com outros elementos que justifiquem a importância do dimensionamento correto dos parâmetros em jogo, pois as necessidades e as conseqüências operacionais de um dado sistema, de alguma forma, acabam interagindo entre si de forma positiva ou negativa, sendo responsabilidade do projetista a minimização dos aspectos negativos. A Figura C.2 esquematiza uma abordagem possível para um sistema de bombeamento, na qual a preocupação com o uso racional da energia visa o melhor aproveitamento do sistema elétrico, e conseqüentemente, favorece a racionalização do uso da água.

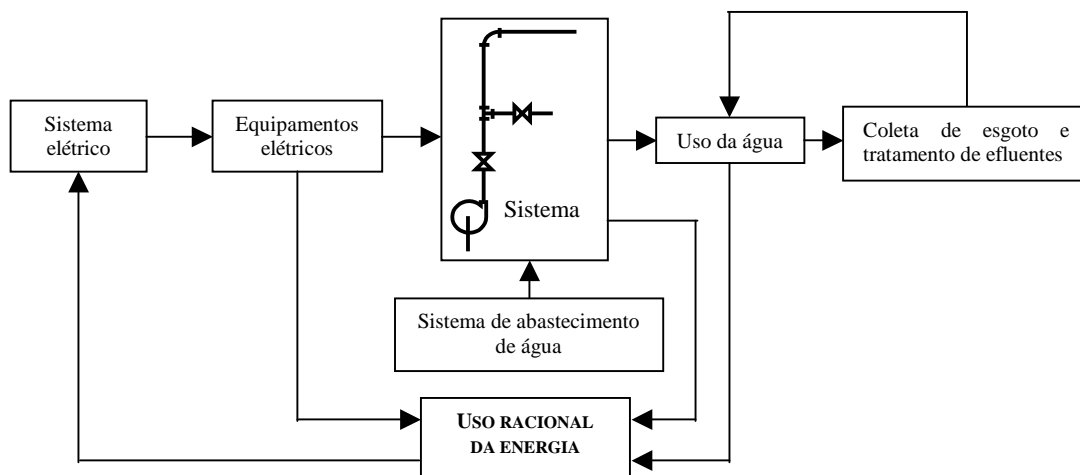


Figura C.2 – Contextualização de um sistema hidráulico através do uso racional da energia.

Utilizando-se o uso racional da energia como elo de ligação com os outros elementos que constituem sistemas mais amplos, cujas abrangências podem variar de âmbito regional a mundial, consegue-se integrar sistemas menores numa relação de causa e efeito. Essa propriedade que um tema possui de envolver várias áreas do conhecimento humano para facultar a compreensão de processos presentes no cotidiano recebe o nome de **transversalidade**. Ao se discutirem as questões relacionadas à eficiência energética, sob a concepção da transversalidade, discutem-se também os conteúdos das Ciências Exatas juntamente com os preceitos das Ciências Humanas e Biológicas, a partir do instante em que se percebe que o centro das decisões encontra-se no próprio ser humano.

A sociedade atual é marcada por uma atividade tecnológica intensa, porém a tecnologia não é neutra, pois modifica e cria comportamentos e necessidades sociais que merecem ser vistas com responsabilidade (Lacerda Neto *et al.*, 1999). O domínio dos conceitos técnicos, apesar de necessários, nem sempre são suficientes para a obtenção de resultados satisfatórios nas atividades da engenharia, e em algum instante a percepção de uma dada situação social poderá representar o elemento que determinará o sucesso ou o fracasso numa intervenção.

Tendo em vista que os estudantes de engenharia, num futuro próximo, poderão estar ocupando posições que possuem potencial de modificação do meio, necessitam se apropriar de conceitos que reforcem a **ética profissional** para participar de forma positiva na sociedade. Ao longo do programa dos cursos de Transferência de Calor, poder-se-ia questionar as técnicas de aquecimento da água nas residências, sabendo-se que no Brasil a maioria dos sistemas de aquecimento utilizam energia elétrica e que por sua vez representam aproximadamente 30% da eletricidade total consumida por uma família de quatro pessoas. Oferecer opções tecnológicas com baixo custo de implantação e de operação é uma das responsabilidades da engenharia. A Figura C.3 ilustra uma maneira de apresentar a situação, na qual o sistema usual de aquecimento (elétrico) serviria de referência, e os demais sistemas seriam comparados com o usual e entre si, levando-se em conta possíveis técnicas para o aquecimento da água e os conceitos pertinentes ao uso racional da energia – considerando-se tal análise em escala comercial, cria-se condições favoráveis à economia de capital e à preservação do meio ambiente.

Os exemplos apresentados dão uma pequena amostra de como o processo educacional pode ser enriquecido ao se adotar o uso racional da energia como tema transversal, e o que é mais interessante é que as abordagens não são únicas e dependem da criatividade na ocasião em que se prepara as aulas. Todavia, contextualizar não significa abarrotar de informações um tópico desenvolvido, mas saber exatamente quando e onde uma informação adicional deve ser

inserida. Uma inserção didática deve ser bem planejada para atingir de forma satisfatória o estudante, e para tanto é necessário que o professor da área de engenharia esteja atento não somente ao conteúdo técnico mas também aos aspectos didático-pedagógicos.

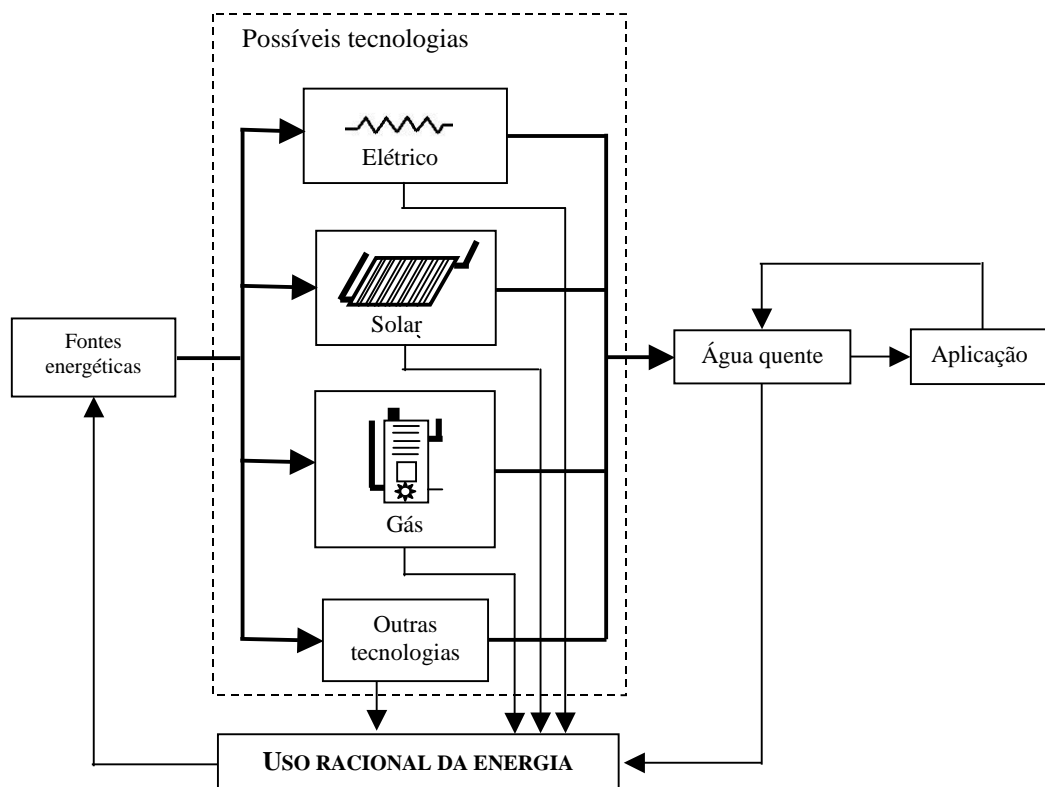


Figura C.3 – O uso racional da energia aplicado à escolha de um sistema de aquecimento de água.

C.4. PLANEJAMENTO DO PROCESSO EDUCACIONAL

Um dos principais desafios no processo educacional é a condução dos conteúdos das disciplinas de numa forma que faça sentido ao estudante. A escolha e definição dos conteúdos é, em última instância, tarefa do professor. É ele que tem pela frente determinados alunos, com suas características de origem social, vivendo num mundo cultural determinado, com certas disposições e preparo para enfrentar o estudo. O professor não pode esperar que os livros didáticos revelem os aspectos reais das coisas (Libâneo, 1992).

Levando-se em conta a experiência do docente e a sua capacidade de pesquisa, o mesmo dispõe de vários exemplos que são capazes de ilustrar os processos que irão compor o planejamento da aula. O exemplo apresentado na Figura C.2 foi decorrente de uma situação vivenciada numa indústria do setor de bebidas, na qual durante o *start up* de sua estação de tratamento de efluentes, a equipe de engenheiros responsáveis pelo setor identificou o

potencial de reaproveitamento da água oriunda de um dos processos, após a avaliação quantitativa e qualitativa dos efluentes. Tal fato determinou uma série de modificações na unidade fabril, que por sua vez proporcionou economia de energia elétrica e de água potável e, conseqüentemente, a redução do custo operacional.

Todavia, a elaboração do plano de aula constitui num processo dinâmico, no qual os conceitos formais necessitam de constantes releituras a cada ciclo. Na interação do professor com o estudante devem-se criar condições para que haja o estudo ativo, e para tanto sugerem-se as seguintes etapas (Libâneo, 1992):

- o incentivo propriamente dito;
- destaque da importância da matéria;
- estabelecimento de vínculos (contextualização e desenvolvimento de temas transversais);
- auxílio aos alunos;
- elogiar e corrigir (com sensibilidade e responsabilidade) resultados obtidos;
- evidenciar a exigência social (cidadania).

Normalmente no ensino de Ciências, entre ele as Ciências Térmicas, existe uma predisposição do professor de reproduzir os métodos utilizados por seus antigos professores. Em parte isso se deve a uma ausência de uma formação mais acentuada na área da educação. Nessas circunstâncias, as intervenções nos currículos ficam restritas às atualizações de conteúdos e modernização de instrumentos didáticos (informática e recursos audiovisuais). É pouco freqüente o questionamento crítico a respeito dos pressupostos pedagógicos envolvidos e de suas conseqüências sobre a formação dos alunos (Llagostera, 1999).

As disciplinas que compõem as Ciências Térmicas proporcionam um ambiente muito rico em exemplos ao longo da História, que mostram o conjunto de esforços da humanidade, cujos resultados, frutos de uma constante alternância entre acertos e desacertos, culminaram no mundo atual. Entretanto, cabe à sociedade atual, diante do que já foi realizado, o desafio de estabelecer o equilíbrio entre as necessidades de crescimento econômico, principalmente para os países em desenvolvimento (aproximadamente 70% da população mundial), e o consumo de energia (Goldemberg, 1998). Caso esse equilíbrio não seja atingido, estar-se-á penalizando no futuro as condições de sobrevivência sobre a Terra.

O uso racional da energia deve ser fundamentado pela mudança de valores (fatores culturais e educacionais) e não simplesmente pela adequação do comportamento (na maioria das vezes apresenta um caráter temporário, normalmente sujeito às pressões políticas e

financeiras). O aluno de engenharia, no processo educacional destinado à aprendizagem dos assuntos ligados às transformações energéticas, necessita de uma visão ampla da questão a fim de compreender a importância do planejamento energético. Nesse sentido, os conceitos presentes no uso racional da energia se constituem numa importante ferramenta de aprendizagem e de ação, bem como no fornecimento de bases para a concepção de modelos que visem o desenvolvimento sustentável.

C.5. APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE ENSINO

A atividade de educar e formar um engenheiro passa por uma tarefa dupla. A primeira consiste em fornecer ao estudante as técnicas, conceitos e princípios sobre os quais a engenharia está apoiada, pois dessa desenvolver-se-ão as condições para a criatividade e a capacidade de interagir e alterar as ferramentas do cotidiano (sistemas apoiados na tecnologia). A segunda tarefa consiste em não tornar a prática cotidiana da engenharia num objetivo único, pois nessa situação o profissional correria o risco de obsolescência precoce (Bannwart *et al.*, 1999).

Durante o processo educacional, o aluno de engenharia necessita ter de forma clara as inter-relações entre as disciplinas que compõem a sua formação. No caso das Ciências Térmicas, a Figura C.4 ilustra uma possível esquematização de como os diversos conceitos desse campo do saber podem ser encadeados numa aula inicial, estabelecendo-se uma linha de evolução conceitual dos conteúdos programáticos; a Figura C.5 identifica oportunidades de inserção dos conceitos de uso racional de energia nos conteúdos da disciplina Máquinas Térmicas, de vertente tecnológica, tal como é ministrada na UNESP–Campus de Guaratinguetá. O uso racional da energia, na qualidade de tema transversal, ilustraria as necessidades e estratégias dentro de um modelo de desenvolvimento sustentável.

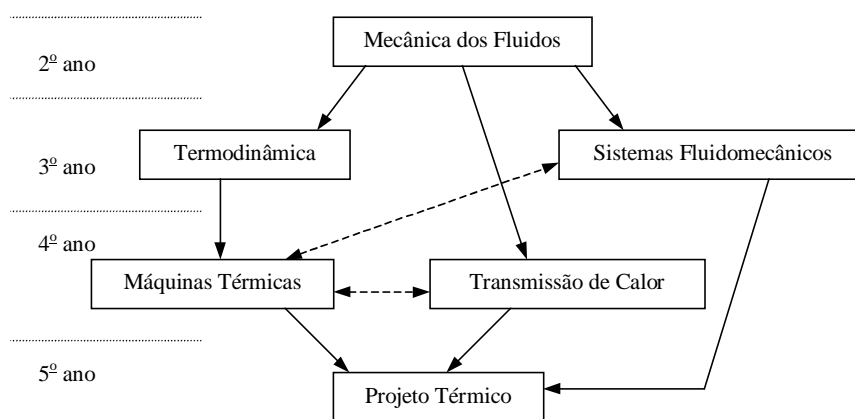


Figura C.4 – Ilustração de encadeamento entre disciplinas da área de Ciências Térmicas

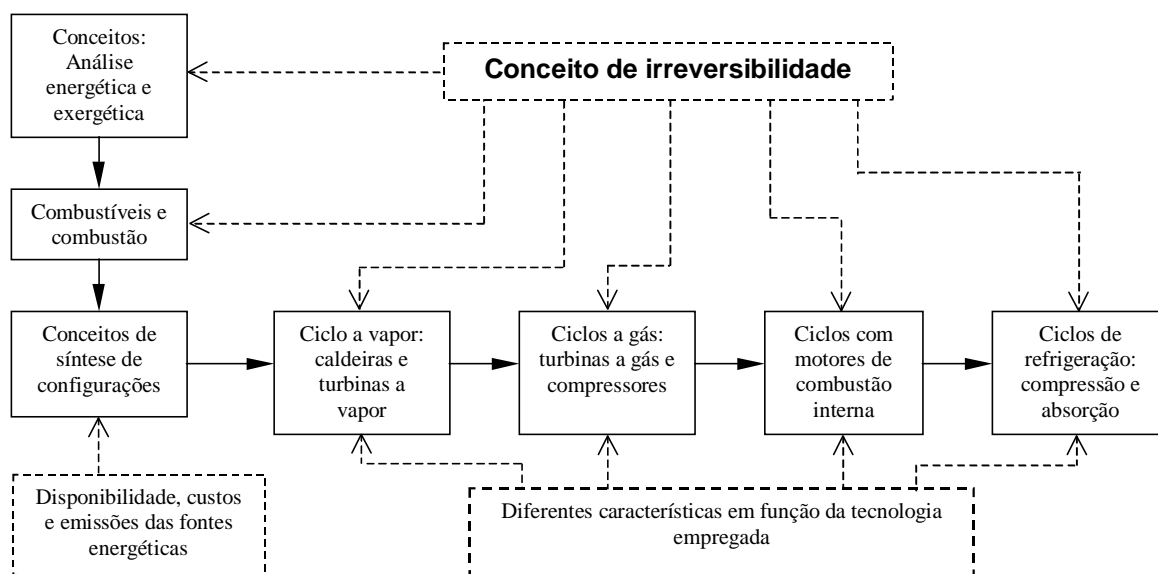


Figura C.5 – Esquematização da disciplina Máquinas Térmicas e identificação das oportunidades de inserção do tema Uso Racional de Energia em cada conteúdo.

A abordagem de aspectos históricos, a respeito dos desafios e conquistas no tocante à energia, mostra ao estudante que os conceitos presentes nas aulas e nos materiais didáticos dependeram da dedicação de pessoas, ou seja, o conhecimento é resultado da própria evolução humana, construído a partir de acertos e erros. Nesse contexto, a preocupação com a eficiência energética, presente no final do século XX e início do século XXI, possibilita a reflexão sobre a capacidade de transformação da sociedade pelo avanço da tecnologia, buscando-se alternativas que garantam a qualidade de vida sobre a Terra.

O estudo de casos, posteriormente aos conteúdos disciplinares e às atividades de propostas, reforça a visão da integração dos conceitos. Os sistemas energéticos presentes nos setores residencial, comercial e industrial normalmente apresentam várias oportunidades para verificar a aplicação do que foi aprendido em sala de aula, sem perder de vista os aspectos qualitativos do uso da energia. Numa possível extrapolação dos resultados obtidos, pode-se chegar à uma idéia aproximada das alterações comerciais e ambientais na fronteira do sistema analisado. Certos documentos, como por exemplo, o Balanço Energético Nacional elaborado pelo Ministério de Minas e Energia, proporcionam uma visão macroscópica dos vários setores que compõem a sociedade e servem de base de comparação dentro dos níveis de organização política.

Numa abordagem complementar, torna-se oportuno evidenciar a importância da participação do engenheiro como cidadão, e que, durante a condução de qualquer atividade, será o responsável pelos resultados obtidos no tocante às suas análises, atitudes e delegações.

Entretanto, diante do conhecimento que foi adquirido ao longo de sua formação, parte das soluções dos problemas vividos pela sociedade pode estar nas mãos dos engenheiros.

C.6. DISCUSSÃO FINAL

Devido à condição estratégica assumida pela energia ao longo da evolução humana, o seu consumo representa um dos fatores determinantes para o desenvolvimento sócio-econômico das populações. O ensino das Ciências Térmicas nas engenharias tem a incumbência de formação de recursos humanos com habilidades para a solução das mais diversas situações, desde a concepção de novos elementos, ou minoração de efeitos indesejáveis, até o desenvolvimento de projetos de médio e longo prazos (por exemplo, planejamento energético).

A utilização do uso racional da energia como tema transversal constitui numa das possíveis ferramentas didáticas, pois através dele torna-se possível integrar os conceitos presentes na Mecânica dos Fluidos, Termodinâmica e Transferência de Calor, na busca de solução que minimizem as irreversibilidades inerentes aos processos de transformação energética.

Nessa concepção de ensino, o professor necessita rever a suas metodologias de ensino afim de aprimorar as técnicas de apresentação dos conteúdos disciplinares, levando em conta parâmetros educacionais, como as pré-concepções e as limitações cognitivas dos estudantes. O objetivo de uma abordagem contextualizada é estabelecer a conexão entre a informação formal e os elementos que constituem as realidades tecnológicas, sociais, políticas e econômicas dos indivíduos.

APÊNDICE D

QUESTIONÁRIOS DE AVALIAÇÃO – VERSÃO COMENTADA

O USO RACIONAL DA ENERGIA

Ensino e cidadania

1

• Avaliação dos conceitos preexistentes a respeito da energia e seu uso.

Orientação: escolher uma única alternativa para cada questão assinalando o respectivo quadrado.

1. Com relação às transformações energéticas, pode-se afirmar que:

Objetivo: Avaliar o conhecimento prévio de assuntos relacionados à energia.

a. somente estiveram vinculadas às atividades humanas. (as transformações energéticas não são restritas às atividades humanas)

b. sempre estiveram presentes no nosso planeta.

c. o homem, ao longo da sua evolução, buscou aproveitá-las para a sua subsistência e conforto.

d. elas são as responsáveis pela degradação do meio ambiente. (existem transformações energéticas em equilíbrio com o meio ambiente, como por exemplo, o ciclo da água)

e. as alternativas (b) e (c) estão corretas.

2. Considerando-se as informações referentes à energia (eletricidade e combustíveis) apresentadas na televisão, jornais, revistas e comunicados, as mesmas são:

Objetivo: Avaliar a percepção dos conteúdos pertinentes à energia nos meios de comunicação.

a. úteis, mas devem ser analisadas com algum critério;

b. sempre confiáveis, pois são escritas por pessoas com experiência no setor energético; (nem sempre quem escreve sobre energia possui um grande domínio sobre o assunto)

c. sempre escritas com valores e unidades corretas. (é comum encontrar erros nas unidades de medida e na ordem de grandeza dos valores)

d. de domínio apenas das pessoas que trabalham no setor energético. (existem informações de interesse público)

e. de pouca importância para as pessoas. (equivocos podem evitados quando são identificadas informações de qualidade)

3. Se um chuveiro A de 4000 W funciona por 15 minutos e uma torneira elétrica B de 1000 W funciona por uma hora, então:

Objetivo: Avaliar a habilidade de operar com valores presentes em situações que envolvam o uso da energia.

a. A consome mais energia do que B.

b. B consome mais energia do que A.

c. A consome a mesma quantidade de energia que B.

d. não é possível comparar A com B, pois são equipamentos diferentes. (são considerados equipamentos com o mesmo princípio de funcionamento)

e. n.d.a.

4. O tempo de formação do petróleo é estimado em 600 milhões de anos e o consumo de petróleo e seus derivados deu-se de forma crescente ao longo do século XX. Tal fato acarretou:

Objetivo: Avaliar a percepção com relação às conseqüências no desequilíbrio dos ciclos naturais.

a. a destruição da camada de ozônio.

b. um melhor planejamento dos grandes centros urbanos.

c. a contaminação da água por metais pesados, como por exemplo, o chumbo.

d. uma grande estabilidade no mercado internacional do petróleo.

e. o surgimento do efeito estufa.

5. Ao receber a conta de energia elétrica, constata-se que o valor a ser pago está alto. Quais são as duas primeiras medidas a serem tomadas visando-se a economia de energia?

Objetivo: Avaliar a forma de conduzir as primeiras ações para a economia de energia, de tal maneira a proporcionar uma maior abrangência nos resultados com um custo de investimento crescente.

- a. trocar os prováveis equipamentos que consomem mais por outros mais econômicos e desligar os desnecessários. (o primeiro procedimento é de custo elevado, enquadrando-se em intervenções posteriores)
- b. pintar as paredes com cores claras e utilizar a iluminação natural. (a iluminação contribui com o menor percentual do consumo numa residência, existem outros pontos a serem avaliados)
- c. estabelecer horários rígidos de uso dos equipamentos e trocar os prováveis equipamentos que consomem mais por outros mais econômicos. (o segundo procedimento é de custo elevado, enquadrando-se em intervenções posteriores)
- X** d. avaliar o consumo de energia e escolher as soluções que sejam as mais viáveis.
- e. trocar as todas as lâmpadas incandescentes por lâmpadas compactas e pintar as paredes de claro. (a iluminação contribui com o menor percentual do consumo numa residência, existem outros pontos a serem avaliados)

O USO RACIONAL DA ENERGIA

Ensino e cidadania

2

• **Avaliação dos conceitos a respeito da energia e seu uso.**

Orientação: escolher uma única alternativa para cada questão assinalando o respectivo quadrado.

1. Em 2000, a população na Terra atingiu 6 bilhões de habitantes. Considerando-se os padrões de consumo de energia seguidos pelos países industrializados, principalmente nos Estados Unidos, é correto afirmar que:

Objetivo: Avaliar o conhecimento de assuntos relacionados à energia.

- a. os demais países que adotarem tais padrões desenvolver-se-ão em equilíbrio com o meio ambiente. (o atual padrão de consumo de energia dos países desenvolvidos, principalmente o dos EUA, é extremamente agressivo ao meio ambiente. Os países industrializados representam aproximadamente 25% da população mundial)
- b. os recursos energéticos da Terra são capazes de suprir as necessidades humanas, independentemente do tamanho da população mundial. (os recursos energéticos são limitados, mesmo os de fontes renováveis)
- c. caso continue o crescimento populacional, associado ao potencial de aumento consumo de energia, poderá levar o ecossistema terrestre ao colapso num futuro não distante.
- d. para o crescimento sócio-econômico mundial, é imprescindível que os países industrializados transfiram a sua tecnologia para todos os países em desenvolvimento. (as tecnologias são dotadas de características próprias, que devem ser avaliadas; deve-se tomar cuidado com a transferência de tecnologias indesejáveis nos países industrializados, por exemplo os energointensivos, mas rentáveis em outros).
- e. o consumo de energia e o crescimento populacional mundial não estabelecem relações com o tipo de padrão de uso da energia. (existe uma quantidade necessária de energia para a subsistência da humanidade, portanto, nessa condição, o número de indivíduos – ou processos – e de que forma os mesmos consomem energia devem ser alvo de constantes reflexões).

2. No seguinte texto, “... o baixo preço da energia no mercado atacadista (MAE), que chegou a R\$ 5 por Mw/h... (Valor Online, 21/02/2002)”, pode-se afirmar que:

Objetivo: Avaliar a percepção dos conteúdos pertinentes à energia nos meios de comunicação.

- a. a informação está escrita corretamente. (a unidade correta para a energia elétrica é o Wh, podendo ser escrita em notações de potências de dez, como por exemplo, kWh, MWh e GWh)
- b. a unidade watt não está escrita corretamente. (idem à observação da alternativa a)
- c. o Mw/h é uma unidade de medida para a geração ou consumo de energia, normalmente utilizada no setor elétrico. (idem à observação da alternativa a)
- d. o Mw/h não existe. A unidade correta para a quantificação da energia elétrica, neste contexto, é o MWh.
- e. a unidade de medida da potência é o Mw/h. (idem à observação da alternativa a)

3. Um ferro automático de passar roupas A de 1000 W é utilizado por trinta minutos e um chuveiro B de 2000 W fica ligado por quinze minutos. Pode-se afirmar que:

Objetivo: Avaliar a habilidade de operar com valores presentes em situações que envolvam o uso da energia.

- a. A consome mais energia do que B. (o ferro automático opera de forma não contínua durante o seu funcionamento devido ao termostato, enquanto no chuveiro a operação é contínua)
- b. B consome mais energia do que A. (idem à observação da alternativa a)
- c. A consome a mesma quantidade de energia que B. (idem à observação da alternativa a)
- d. com essas informações não é possível comparar A com B, pois são equipamentos que funcionam de forma distinta.
- e. n.d.a.

4. No que diz respeito ao meio ambiente, ao utilizar melhor os equipamentos elétricos, estar-se-ia colaborando com a:

Objetivo: Avaliar a percepção com relação às conseqüências no desequilíbrio dos ciclos naturais.

- a. preservação da camada de ozônio. (os maiores impactos são os alagamentos e as emissões de poluentes, principalmente o CO₂)
- X b.** abreviação de investimentos que poderiam alagar grandes áreas, no caso da construção de hidrelétricas, bem como os que participariam no aumento da emissão de dióxido de carbono, no caso das termelétricas.
- c. redução da contaminação da água por metais pesados, como por exemplo, o chumbo. (não existe tal relação)
- d. sobrecarga dos circuitos elétricos que atendem os consumidores. (promove o alívio do sistema elétrico)
- e. ampliação do efeito estufa. (evita a emissão de CO₂ nas termelétricas e, portanto, reduz o efeito estufa)

5. A utilização de veículos com motorização de menor potência é a única solução para a economia de combustíveis nos grandes centros urbanos. Tal afirmação é:

Objetivo: Avaliar a forma de conduzir as ações para a economia de energia, de tal maneira a proporcionar uma maior abrangência nos resultados com um custo de investimento crescente.

- a. falsa, pois um veículo mal dirigido consome muito combustível.
- b. verdadeira, pois a tecnologia dos motores de menor potência garante a economia de combustível. (um veículo de maior potência sendo bem conduzido pode ser mais econômico que um de menor potência)
- c. falsa, pois a economia de combustíveis depende da associação de várias iniciativas, dentre elas, o incentivo ao transporte coletivo de passageiros
- d. verdadeira, pois os veículos de menor potência são mais leves e, portanto, mais econômicos. (existem vários motores para uma mesma carroceria, respeitando-se as especificações de projeto)
- X e.** as alternativas (a) e (c) estão corretas.

O USO RACIONAL DA ENERGIA

Ensino e cidadania

3

• **Avaliação dos conceitos a respeito da energia e seu uso.**

Orientação: escolher uma única alternativa para cada questão assinalando o respectivo quadrado.

1. A preocupação com as conseqüências sociais, políticas e econômicas, associadas às limitações das reservas energéticas, torna-se alvo de discussões quando:

Objetivo: Avaliar o conhecimento de assuntos relacionados à energia.

- a. vivencia-se períodos de estabilidade de oferta e procura no setor energético, pois é a melhor ocasião para avaliar projetos de médio e longo prazos. (nessas circunstâncias normalmente ocorre o aumento do consumo de energia, que pode ser inibido por algum fator estrutural, como por exemplo, uma crise econômica)
- b. atribui-se um valor à energia (eletricidade e combustíveis) que acaba encarecendo os processos produtivos e serviços.
- c. ocorrem determinadas situações, locais ou mundiais (tais como as conflitos armados, mudanças econômicas e alterações ambientais), que expõem, em certas circunstâncias, a condição de equilíbrio pouco estável da matriz energética.

X d. as alternativas (b) e (c) estão corretas.
e. n.d.a.

2. “O consumidor deveria poder optar entre pagar o seguro ou investir em eficiência energética (Gazeta Mercantil, 16/04/2002)”. Com relação ao excerto apresentado, referente à cobrança do seguro apagão, pode-se afirmar que:

Objetivo: Avaliar a percepção dos conteúdos pertinentes à energia nos meios de comunicação.

- a. não compete ao cidadão comum as ações destinadas ao uso eficiente da energia. (usar o energia de maneira eficiente é uma das formas de exercer a cidadania)
- b. a única forma de economizar energia é através da imposição de penalidades, tais como as sobretaxas. (impor penalidades constitui uma das formas tradicionais de economizar energia, todavia, os seus resultados são momentâneos)
- c. as políticas energéticas são coerentes com desenvolvimento da cidadania, dando oportunidades aos vários segmentos sociais quanto aos possíveis rumos a serem tomados no contexto do uso racional da energia. (as decisões normalmente são tomadas sob a pressão do poder do capital e interesses políticos)

X d. o investimento numa melhor orientação quanto ao uso da energia, através de programas educacionais efetivos, poderia possibilitar uma maior participação dos consumidores de energia em programas destinados ao uso racional da energia.
e. n.d.a.

3. Numa geladeira de 300 W o compressor funciona 20 minutos e fica desligado por 20 minutos (devido ao controle do termostato), operando ciclicamente durante 24 horas. Após realizar a limpeza sugerida pelo fabricante (principalmente o descongelamento) a geladeira funciona 10 horas distribuídas ao longo das 24 horas do dia. Diante tal procedimento, pode-se afirmar que:

Observação: adotar 30 dias para o mês.

Objetivo: Avaliar a habilidade de operar com valores presentes em situações que envolvam o uso da energia.

- a. não houve mudança no consumo da geladeira. (houve alteração no ciclo operacional da geladeira)
- b. após a limpeza, a geladeira começou a gastar mais energia. (os procedimentos de manutenção visam reduzir o consumo de energia elétrica)
- c. a geladeira passou a consumir 3 kWh por mês. (esse valor refere-se ao consumo diário)

X d. a economia de energia elétrica prevista por mês será de 18 kWh. ($E_{\text{economizada}} = 300 \times (12 - 10) \times 30 = 18$ kWh)
e. n.d.a.

4. Analisando-se o seguinte texto, “... outra vantagem da instalação da unidade de cogeração (utilizando gás natural), ao contrário de uma termelétrica, é que não polui, porque faz um aproveitamento integral do calor no seu processo produtivo ... (Jornal do Commercio, 02/04/2002)”, pode-se afirmar que:

Observação: uma unidade de cogeração além de gerar eletricidade, fornece também calor, que pode ser utilizado no aquecimento de processos industriais e residencial. O aquecimento residencial através de unidades de cogeração é bastante comum nos países do hemisfério norte.

Objetivo: Avaliar a percepção com relação às conseqüências no desequilíbrio dos ciclos naturais.

a. o gás natural quando queimado realmente não polui. (o gás natural é menos poluente que o óleo combustível e o carvão mineral; a emissão de gás carbônico, um dos principais responsáveis pelo efeito estufa, está sempre presente na queima de qualquer combustível)

b. é possível aproveitar completamente a energia nas unidades de geração (usinas). (tal afirmação contraria a Segunda Lei da Termodinâmica)

c. ocorre um erro quando se diz que o uso do gás natural não polui.

d. a Segunda Lei da Termodinâmica está sendo contrariada, pois não é possível um aproveitamento integral do calor.

X e. as alternativas (c) e (d) estão corretas.

5. Nos projetos atuais das residências, tem sido crescente o desejo de instalação de aparelhos de ar condicionado. Tal fato deve-se:

Objetivo: Avaliar a forma de conduzir as ações para a economia de energia, de tal maneira a proporcionar uma maior abrangência nos resultados com um custo de investimento crescente.

a. à impossibilidade de construir residências que sejam confortáveis do ponto de vista térmico. (seguindo-se determinados conceitos e utilizando-se materiais adequados, é possível construir uma residência termicamente confortável, sem a necessidade de aparelhos de ar condicionado)

b. ao alto custo de projetar e construir residências que permitam a manutenção de uma temperatura agradável. (aplicando-se corretamente os conceitos pertinentes ao conforto térmico, o custo agregado é pode tornar-se pouco significativo se comparado às outras etapas de uma construção)

c. ao pouco domínio dos conceitos envolvidos e da evolução tecnológica presentes na área térmica por parte dos profissionais do setor de construção.

d. à falta de orientação de quem está construindo, em decorrência da não consulta à um profissional especializado, e pela influência do mercado de consumo.

X e. as alternativas (c) e (d) estão corretas.