

**NELCI KALINOSKI FERREIRA**

**ENERGIA SOLAR NO BRASIL: CENÁRIOS E  
POTENCIALIDADES**

**Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Ciências Econômicas, Setor  
de Ciências Sociais Aplicadas,  
Universidade Federal do Paraná, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Ciências Econômicas.**

**Orientador: Prof.º Maurício Aguiar Serra**

**CURITIBA**

**2005**

## TERMO DE APROVAÇÃO

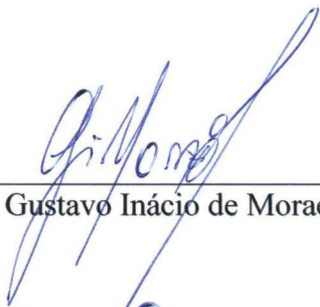
NELCI KALINOSKI FERREIRA

### ENERGIA SOLAR NO BRASIL: CENÁRIOS E POTENCIALIDADES

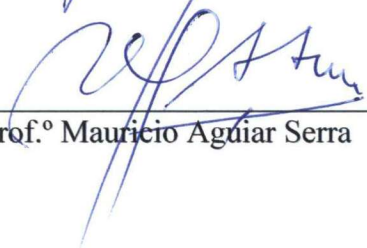
Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso de Graduação em Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:



Prof.<sup>a</sup> Françoise Iatski de Lima



Prof.<sup>o</sup> Gustavo Inácio de Moraes



Prof.<sup>o</sup> Maurício Aguiar Serra

Curitiba, 28 de novembro de 2005.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a realização deste trabalho, à várias pessoas especiais com as quais eu pude contar durante todos os momentos. Meus pais, meu marido, meus irmãos e meus amigos. A eles agradeço pelo carinho e pela compreensão em tantos momentos de stress.

Agradeço, carinhosamente, a minha amiga Cely, que não mediu esforços para me auxiliar durante todos os anos de faculdade, sua dedicação e apoio foram de extrema importância para a conclusão deste trabalho.

De forma especial, gostaria de agradecer ao professor e orientador Maurício Serra Aguiar, pelo acompanhamento e revisão do estudo e por todo o tempo despendido comigo durante todo esse ano.

Agradeço ainda, a professora Françoise Iatski de Lima que gentilmente aceitou participar da minha banca e ao professor Gustavo Inácio de Moraes que prontamente me forneceu material de fundamental importância para complementação deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	vi
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	viii
<b>RESUMO.....</b>	x
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	01
<b>1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A QUESTÃO ENERGÉTICA.....</b>	02
1.1 ORIGEM E CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	02
1.2 ENERGIA E MEIO AMBIENTE.....	08
1.3 ENERGIA E DESENVOLVIMENTO.....	12
1.4 BREVES CONSIDERAÇÕES.....	16
<b>2 CENÁRIO ENERGÉTICO GLOBAL E NACIONAL.....</b>	17
2.1 TENDÊNCIAS E USO GLOBAL DA ENERGIA.....	17
2.2 CENÁRIO ENERGÉTICO BRASILEIRO.....	23
2.3 BREVES CONSIDERAÇÕES.....	30
<b>3 ENERGIA SOLAR.....</b>	31
3.1 BREVE HISTÓRICO E PANORAMA GLOBAL.....	31
3.2 ASPECTOS TÉCNICOS DA ENERGIA SOLAR.....	36
3.3 POTENCIAL BRASILEIRO E LIMITAÇÕES PARA O USO DE ENERGIA SOLAR.....	41
3.4 ASPECTOS ECONOMICOS E POTENCIALIDADE DO MERCADO.....	51
3.5 BREVES CONSIDERAÇÕES.....	54

<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>56</b>

## LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS, QUADROS, MAPAS E TABELAS

FIGURA 1	- PERFIL DO CONSUMO DE ENERGIA - 1998.....	24
FIGURA 2	- SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DE ENERGIA ELÉTRICA.....	38
FIGURA 3	- SISTEMA SOLAR DE AQUECIMENTO DE ÁGUA.....	40
FIGURA 4	- SISTEMA TÉRMICO DE GERAÇÃO SOLAR DE ENERGIA ELÉTRICA.....	41
GRÁFICO 1	- ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO E CONSUMO DE ENERGIA.....	09
GRÁFICO 2	- MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL EM 2003.....	19
GRÁFICO 3	- PICO DE HUBBERT PARA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO 1930/2050 .....	22
GRÁFICO 4	- DEMANDA DE ENERGIA 1970/2003.....	26
GRÁFICO 5	- CONSUMO FINAL DE ENERGIA 1970/ 2003.....	27
MAPA 1	- MÉDIA ANUAL DE INSOLAÇÃO DIÁRIA NO BRASIL.....	42
QUADRO 1	- IMPACTOS AMBIENTAIS.....	11
TABELA 1	- EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO POPULACIONAL NOS ULTIMOS 6.000 MIL ANOS.....	10
TABELA 2	- CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA - 1998.....	14
TABELA 3	- COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DE ENERGIA PRIMÁRIA USADA - 1998.....	18
TABELA 4	- PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL –1998....	24

TABELA 5	- PARTICIPAÇÃO DAS FONTES RENOVÁVEIS NA OFERTA ENERGÉTICA.....	28
TABELA 6	- CAPACIDADE INSTALADA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NÃO CONVENCIONAIS - 1999.....	29
TABELA 7	- POTÊNCIA TOTAL INSTALADA (MW) ENERGIA FOTOVOLTAICA 1999.....	33
TABELA 8	- SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA EM REGIÕES DO PONTAL DO PARANAPANEMA EM SÃO PAULO.....	47
TABELA 9	- DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS PELO PRODEEM ATÉ 2002	50

## LISTA DE SIGLAS

ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
ASPO	- Association for the Study of Peak Oil & Gas
BEN	- Balanço Energético Nacional
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento
CB - SOLAR	- Centro Brasileiro para Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica
CEFET	- Centro Federal de Tecnologia
CEMIG	- Companhia de Energia Elétrica de Minas Gerais
CEPEL	- Centro de Pesquisa em Energia Elétrica
CHESF	- Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CNP	- Conselho Nacional de Política Energética
CRESESB	- Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
DNDE	- Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético
DS	- Desenvolvimento Sustentável
EUA	- Estados Unidos da América
FMI	- Fundo Monetário Internacional
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IUCN	- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

LABSOLAR	- Laboratório de Energia Solar
MME	- Ministério de Minas e Energia
OCDE	- Organização para Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
OIE	- Oferta Interna de Energia
OLADE	- Organizações Latino Americana de Energia
OMC	- Organização Mundial do Comércio
ONU	- Organizações das Nações Unidas
OPEP	- Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PCH	- Pequena Central Hidroelétrica
PIB	- Produto Interno Bruto
PNB	- Produto Nacional Bruto
PROEDEM	- Programa para o Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios
PROINFA	- Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
TEP	- Tonelada Equivalente de Petróleo
UFPE	- Universidade Federal de Pernambuco
UFSC	- Universidade Federal de Santa Catarina
UNEP	- Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas
USP	- Universidade de São Paulo
WCS	- World Conservation Strategy

## RESUMO

A presente monografia tem como finalidade, dentro do âmbito do desenvolvimento sustentável, analisar os avanços e obstáculos da energia solar no Brasil, como alternativa limpa e renovável. A energia solar tem por objetivo consolidar-se como fonte segura e viável de abastecimento, capaz de preservar o ecossistema contra as agressões que ele vem sofrendo continuamente, devido à utilização indiscriminada de energias fósseis convencionais. Objetiva também promover a inclusão social energética, principalmente do meio rural. Por fim, visa ampliar a matriz energética nacional, melhorando sua eficiência. Para tanto, este trabalho apóia-se em dados quantitativos e históricos que apresentam o panorama atual da utilização de energia solar no país e apontam seu imenso potencial em satisfazer os objetivos a que se propõe.

Palavras-chaves: desenvolvimento sustentável; energia; meio ambiente; desenvolvimento.

## INTRODUÇÃO

A partir de 1970, o mundo passou a presenciar as constantes e acaloradas discussões entre desenvolvimentistas e ambientalistas em torno da incompatibilidade entre dois elementos considerados fundamentais à existência humana: meio ambiente e desenvolvimento econômico.

O termo desenvolvimento sustentável veio harmonizar os dois elementos, trazendo consigo a idéia de que meio ambiente e desenvolvimento econômico não são contraditórios. O elo que liga de forma tão íntima o desenvolvimento econômico e o meio ambiente, desde datas remotas, é de maneira inquestionável a energia.

A problemática principal reside no fato de que a energia, amplamente utilizada na economia global, é altamente poluente, oriunda de fontes fósseis finitas além de se mostrar excludente, evidenciando uma profunda desigualdade na distribuição da energia, seja entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, ou mesmo entre regiões internas de um mesmo país.

Assim, essa monografia, tem como objetivo principal, averiguar a relevância potencial da energia solar, como fonte alternativa renovável e segura no suprimento energético do Brasil.

Para tanto, este trabalho está estruturado em três capítulos, além da conclusão. A metodologia utilizada foi a bibliográfica, pesquisa qualitativa com objetivos exploratórios. O primeiro capítulo irá apresentar, basicamente em ordem cronológica, a evolução e contextualização dos principais argumentos e acontecimentos que convergiram na institucionalização do conceito de desenvolvimento sustentável. O segundo capítulo traçará um panorama do cenário energético mundial com suas atuais tendências, dando relevância à situação brasileira no cenário energético. Por fim, o terceiro capítulo vai focar o objeto desse trabalho, a energia solar, apontando suas potencialidades e limites dentro do país. Em seguida, será apresentada a conclusão obtida com a elaboração desse trabalho.

## 1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A QUESTÃO ENERGÉTICA

O crescimento desenfreado que caracterizou o desenvolvimento dos países industrializados originou enormes danos ambientais, criando com isso a discussão acerca do antagonismo existente entre desenvolvimento e meio ambiente. Essa discussão culminou na institucionalização do termo “desenvolvimento sustentável”, levando a um aumento da reflexão sobre a ligação da energia com desenvolvimento e com o meio ambiente.

Este capítulo aponta os principais acontecimentos que levaram à institucionalização do conceito de desenvolvimento sustentável, correlacionando em seguida a estreita relação entre energia e desenvolvimento e energia e meio ambiente.

### 1.1 ORIGEM E CONCEITO DE “DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

Em 1960 a problemática ambiental tinha sua especificidade na idéia de que continuada de forma egoísta e indiscriminada a utilização dos recursos naturais em busca do crescimento, o planeta seria conduzido rumo a uma irreversível catástrofe.

A problemática ambiental, portanto, sempre esteve estreitamente relacionada ao desenvolvimento, e este por sua vez é freqüentemente definido pelo crescimento econômico. Tal temática trouxe consigo inicialmente semelhanças com as idéias defendidas por Malthus<sup>1</sup>, portanto veio atrelada à discussão sobre crescimento demográfico e suas mazelas, fato marcado pela publicação em 1968 do artigo de Garret Hardin “The Tragedy of Commons”, generalizando o argumento da explosão demográfica, HARDIN citado por NOBRE e AMAZONAS (2002, p.27) afirmou que

---

<sup>1</sup> Thomas Robert Malthus (1766-1834) focalizou a atenção do mundo sobre o problema da população, afirmava que o crescimento da população é rápido e fácil e quando não controlado aumenta em proporção geométrica, enquanto o aumento de suprimento de alimentos é lento e árduo ocorrendo em proporção aritmética (BELL, 1961).

“Um mundo finito só pode comportar uma população finita: por conseguinte, o crescimento populacional deve ser, ao fim, igual a zero”.

O Clube de Roma<sup>2</sup> foi pioneiro na discussão em torno das teses malthusianas, preocupando-se principalmente com o destino futuro das sociedades caso fossem mantidas as bases do crescimento econômicos que prevaleciam na época. As reuniões do Clube de Roma atingiram o auge com o estudo feito por Donella e Dennis Meadows, denominado *The Limits to Growth*, publicado em 1972 (MORAES 2005).

*The Limits to Growth*, foi o marco que conduziu as discussões da década de 1970 e a primeira Conferência das Organizações das Nações Unidas (ONU) sobre Meio Ambiente Humano em 1972, isso porque o livro colocava finitude na discussão econômica de uma nova perspectiva, além de apresentar os problemas da poluição e da limitação dos recursos naturais como variáveis do processo econômico, também tornou popular a questão ambiental. Meadows e sua equipe apresentaram um modelo matemático que relacionava de forma simultânea cinco variáveis, sendo elas: a industrialização crescente, a população que aumentava rapidamente, a má nutrição que se expandia, os recursos naturais não renováveis se extinguindo e o meio ambiente sendo deteriorado. Para eles, caso fossem mantidas as tendências de crescimento, da época, para todas as variáveis, em algum momento em aproximadamente cem anos seriam alcançados os limites do crescimento, resultando em súbito e incontrolável declínio da população e da capacidade industrial (NOBRE e AMAZONAS, 2002).

Contudo, o cenário elaborado pelo casal Meadows continha importantes limitações, MORAES (2005, p.14) menciona que “As limitações estavam principalmente na ausência de considerações a respeito de evolução técnica, aperfeiçoamento sociais,

---

<sup>2</sup> O Clube de Roma nasceu em 1968, congregando cientistas, economistas e altos funcionários governamentais, com a finalidade de interpretar o que foi denominado, sob uma perspectiva ecológica, “sistema global” (MAGNOLI, 2001).

reformas políticas e criação de mecanismos econômicos. Outra limitação importante era considerar para a elaboração dos cenários um mundo sem diferenças regionais”.

Basicamente a idéia do livro sobre crescimento, era que desenvolvimento não significava crescimento econômico necessariamente, e que crescimento zero<sup>3</sup> não era sinônimo de estagnação, podendo haver crescimento de atividades como educação, arte, música, interações sociais e pesquisas científicas básicas.

Entretanto, houve reação dos países em desenvolvimento contra a idéia de “crescimento zero”, ou seja, limitações ao crescimento econômico, tanto por esta representar uma ação imperialista dos países desenvolvidos, como por afirmar que o desenvolvimento econômico seria o responsável pelos problemas ambientais. Portanto a dificuldade não estava apenas na disputa em torno do conceito de “desenvolvimento” empregado, mas também no alto grau de agregação dos dados, já que o modelo de Meadows não apresentava uma diferenciação por regiões, países, cidade e campo, nem mesmo norte e sul do planeta. Assim o debate ambiental da década de 1970, era limitado teoricamente pelo questionamento sobre a relação entre desenvolvimento e meio ambiente (NOBRE e AMAZONAS, 2002).

A reação dos países em desenvolvimento, caracterizava as divergências de idéias existentes entre os países desenvolvidos e subdesenvolvidos. Conforme assinala REIS (2000), a conferência de Estocolmo que se seguiu em 1972, embora tenha enfatizado a relevância das questões ambientais, tornou evidentes as disparidades entre os países do Norte e os do Sul. Enquanto os do Norte, em sua maioria países desenvolvidos, voltaram sua preocupação para o meio ambiente de forma a priorizar a restauração de sua qualidade, os países do sul, em desenvolvimento, mostraram-se mais preocupados em gerir com racionalidade os recursos naturais mas objetivando o desenvolvimento.

Posteriormente, outro fato importante na discussão ambiental foi à publicação *World Conservation Strategy* (WCS), pela *International Union for Conservation of*

---

<sup>3</sup> Premissa do livro de Meadows “The Limits to Growth” em que o “crescimento zero” seria a única solução para os problemas apresentados.

*Nature and Natural Resources* (IUCN), em 1980. Embora o conceito de desenvolvimento sustentável já tivesse sido empregado, supostamente, pela primeira vez, em 1979 no simpósio das Nações Unidas sobre as Inter-relações entre recursos, ambiente e desenvolvimento, somente a partir do WCS o conceito adquiriu a notável pretensão de atingir o desenvolvimento de forma sustentada através da conservação dos seres vivos.

O WCS deixou suspensas as questões políticas e institucionais, e com isso teve o mérito de afrouxar o vínculo entre ecologia e desenvolvimento econômico, vínculo esse que emperrava qualquer avanço negociado, trazendo para primeiro plano a necessidade de preservação e conservação. Assim, ao retornarem para os velhos problemas de crescimento econômico, desigualdades sociais e instituições políticas internacionais, esses viriam reestruturados sobre esse novo ponto de vista, conduzindo para o desenvolvimento sustentável da forma como foi definido mais tarde pelo Relatório Brundtland<sup>4</sup>.

Tal encaminhamento fez com que os países de terceiro mundo mudassem de atitude frente à problemática ambiental. Fato ocorrido em 1982 na cidade de Nairobi, numa sessão especial do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP), quando foi alcançado um acordo apoiado pelos países em desenvolvimento, para um conceito diferenciado que levasse mais a sério os problemas ambientais. Assim, o conceito de “desenvolvimento sustentável” foi caracterizado como um conceito político e amplo voltado para o progresso econômico e social, aliando uma estratégia de institucionalização da problemática ambiental de um lado e uma aliança com os países em desenvolvimento de outro (NOBRE; AMAZONAS, 2002).

O Relatório Brundtland, também conhecido como *Nosso Futuro Comum*, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), procurou harmonizar desenvolvimento econômico e fontes naturais de

---

<sup>4</sup> O relatório leva o nome da coordenadora dos trabalhos da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, que o preparou, a primeira ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland (GIANSANTI, 2003).

recursos, elaborando a seguinte definição: “O desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (CMMDA, 1991, p.14). Para tanto a dinâmica desse processo consiste em constante mudança no qual a forma de explorar os recursos, a orientação dos investimentos, a direção do desenvolvimento tecnológico e as instituições, deve estar de acordo com as necessidades presentes e futuras, assim, o desenvolvimento sustentável se baseia em dois conceitos-chaves:

- a) O conceito de necessidades, principalmente as necessidades essenciais pobres do mundo, que devem receber a máxima prioridade;
- b) A noção das limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõe ao meio ambiente, impedindo-o de atender às necessidades presentes e futuras.

A busca desse desenvolvimento segundo a CMMAD (1991) requeria:

- um sistema político que assegurasse a efetiva participação dos cidadãos no processo decisório;
- um sistema econômico que gerasse excedentes e conhecimento técnico em bases confiáveis constantes;
- um sistema social que pudesse resolver as tensões causadas por um desenvolvimento não equilibrado;
- um sistema de produção que respeitasse a obrigação de preservar a base ecológica do desenvolvimento;
- um sistema tecnológico que buscasse constantemente novas soluções;
- um sistema internacional que estimulasse padrões sustentáveis de comércio e financiamento;
- um sistema administrativo que fosse flexível e capaz de auto corrigir-se.

REIS (2000, p.18), aponta que “Ficou claro a partir do relatório de Brundtland que a noção de desenvolvimento sustentável está além da simples consideração da

questão ambiental. Os problemas ambientais estão diretamente relacionados com os problemas da pobreza”. Porém, para NOBRE e AMAZONAS (2002, p.45) o relatório de Brundtland não apresenta em seu conjunto nenhuma análise ou recomendação revolucionária ou totalmente utópica. Segundo os autores:

...os termos em que se colocava o problema ambiental na década de 1970, foram deixados de lado pelo simples fato de que a grande operação diplomática, ideológica e social que deu origem ao conceito de DS significou também a solução daquele problema. A decisão fundamental já foi tomada, o conceito de ‘desenvolvimento sustentável’, só é uma ‘contradição nos termos’ se os ‘termos’ são contraditórios. E, no entanto, a força da noção de DS está exatamente em ter dito: desenvolvimento e meio ambiente não são contraditórios.

Mais tarde em 1992, ocorreu no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, evento que ficou conhecido como Rio - 92 e tinha como objetivo consolidar a integração das considerações ambientais no planejamento e nas tomadas de decisões econômicas em todos os níveis. Esse evento foi um importante ponto de inflexão no projeto de institucionalização da problemática ambiental e das bases dessa institucionalização. A questão ecológica foi posta em termos do desenvolvimento desigual entre países do Norte e do Sul e teve sua máxima expressão na discussão sobre os mecanismos de financiamento e de transferência de tecnologia voltada para a implementação dos objetivos ambientais acordados pelos diversos países. Portanto os limites políticos da Rio-92 estavam na relação entre meio ambiente e desenvolvimento e na relação entre desenvolvidos e não desenvolvidos. Foi deixado de lado à ameaça de impedir o crescimento. O novo foco era definir quem deveria pagar pelo desenvolvimento sustentável e quem determinaria o que deve ser um desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

Assim o desenvolvimento sustentável, ao apresentar uma formulação vaga e inerentemente contraditória, conseguiu reunir desenvolvimentistas e ambientalistas, os quais tinham de início posições políticas inconciliáveis.

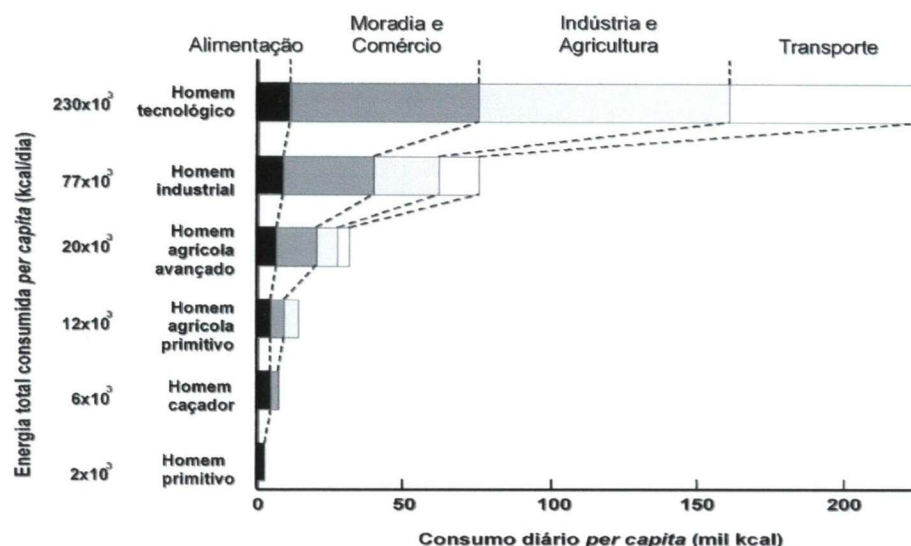
## 1.2 ENERGIA E MEIO AMBIENTE

GOLDEMBERG e VILLANUEVA (2003, p.71) citam que vem de longa data os relatos sobre a relação “causa e efeito” entre o uso de energia e os danos ao meio ambiente. Exemplificando, eles recordam o uso de lenha como combustível que destruiu antigas florestas gregas: “Em 400<sup>a</sup> C., Platão lamentou as florestas perdidas, descritas por Homero séculos antes, que haviam coberto as montanhas estéreis da Grécia”, as quais foram utilizadas principalmente na construção de navios e fornalhas usadas para produzir armas.

MORAES (2005) menciona que durante muito tempo, a energia utilizada pelos homens para diversas finalidades como aquecer, iluminar, plantar, etc., restringia-se ao uso de sua própria força, da força de animais domésticos e a energia advinda do fogo. Entretanto, para navegar, o homem teve que aprender a utilizar a energia da água e do vento em seu favor, fato de fundamental importância para ampliação do comércio e dispersão das populações. Posteriormente outra importante inovação no campo energético foi à construção dos moinhos que podiam utilizar basicamente três tipos de energia: a animal, a humana e a hidráulica. A Europa, aproximadamente no século XV, passou a utilizar intensivamente a lenha como suprimento energético, num processo que principiava a industrialização, degradando desta forma extensas áreas de florestas, o que evidenciava já na época a tendência de incompatibilidade entre desenvolvimento e preservação do meio ambiente. Posteriormente, diante do esgotamento das florestas inglesas e a elevação dos custos devido à escassez da lenha, iniciou-se a utilização dos recursos fósseis e não-renováveis, com predominância do carvão mineral e mais tarde para a utilização do petróleo em larga escala.

GOLDEMBERG e VILLANUEVA (2003) salientam que o consumo de energia acompanhou a evolução humana e seus estágios de desenvolvimento, desde o homem primitivo até o homem tecnológico de hoje. O consumo diário de energia per capita para seis estágios do desenvolvimento humano segue conforme gráfico 1.

GRÁFICO 1 - ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO E CONSUMO DE ENERGIA



FONTE: Goldemberg e Villanueva, 2003

O gráfico correlaciona seis estágios de desenvolvimento humano com seus respectivos consumos diários de energia per capita:

- homem primitivo (Leste da África, aproximadamente há um milhão de anos), sem o uso do fogo, contava somente com a energia dos alimentos que consumia (2000 kcal/dia);
- homem caçador (Europa, aproximadamente há 100.000 anos) contava com mais alimentos e também queimava madeira para aquecimento e para cozinhar;
- homem primitivo agricultor (Oriente Médio no ano 5000 a.C.) cultivava a terra e utilizava energia animal;
- homem agricultor avançado (Nordeste da Europa, no ano 1400 d.C.) tinha carvão para aquecimento, energia hidráulica, energia eólica e transporte animal;
- homem industrial (Inglaterra, em 1875) tinha o motor a vapor;

- homem tecnológico (Estados Unidos, em 1970) consumia 230.000 kcal/dia.

Como há um milhão de anos atrás a população girava em torno de meio milhão de pessoas e atinge em cerca de 6 bilhões em 1998, o consumo de energia aumentou aproximadamente 1 milhão de vezes. O que permitiu esse aumento no consumo foi o uso do carvão como fonte de calor e potência no século XIX e a utilização de motores de explosão interna que conduziram ao uso maciço do petróleo e de seus derivados, também do uso de eletricidade gerada a princípio em usinas hidroelétricas e depois em usinas termoelétricas. A evolução do aumento populacional dos últimos 6000 anos é dada na tabela que segue:

TABELA 1 - EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO POPULACIONAL NOS ÚLTIMOS SEIS MIL ANOS

Estágio de desenvolvimento	Ano	População	Consumo/ per capita x 10 <sup>3</sup> kcal
	- 4000 a.C.	80 milhões	12
	0	130 milhões	
Agrícola avançado	1500 d. C.	450 milhões	20
	1800 d. C.	900 milhões	
Industrial	1950 d C.	1600 milhões	77
Tecnológico	2000 d.C	6000 bilhões	230

FONTE: Goldemberg e Villanueva , 2003

Esse aumento da população e conseqüentemente o aumento no uso de energia, gera impactos sobre a vida na terra, ou seja, as ações do homem, denominadas antropogênicas, que eram insignificantes no passado, após a revolução Industrial no final do século XIX e principalmente a partir do século XX ganham dimensões preocupantes, principalmente nos países industrializados. Essas ações antropogênicas têm ocorrido em espaços de tempo relativamente curtos, os principais problemas ambientais estão destacados na tabela 2, considerando que a energia contribui de forma substancial para a

degradação ambiental em razão do uso de combustíveis fósseis que possuem impurezas de enxofre e material particulado, além da produção de óxidos de nitrogênio (Nox) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). O homem se tornou uma força de proporções geológicas, levando em conta que o impacto causado por ele movimenta 48 milhões de toneladas/ano de recursos minerais, incluindo energia, em comparação as forças naturais (vento, erosão, chuva, erupções vulcânicas, etc.) que movimentam cerca de 50 milhões de toneladas por ano (GOLDEMBERG, 2002).

QUADRO 1 - IMPACTOS AMBIENTAIS

	Problema	Principal causa
Local	Poluição urbana do ar	Uso dos combustíveis fósseis para transporte
	Poluição do ar em ambientes fechados	Uso de combustíveis sólidos (biomassa e carvão) para aquecimento e cocção
Regional	Chuva ácida	Emissões de enxofre e nitrogênio, matéria particulada, e ozônio na queima de combustíveis fósseis principalmente no transporte
Global	Efeito estufa Desmatamento	Emissões de CO <sub>2</sub> na queima de combustíveis fósseis Produção de Lenha e Carvão Vegetal e expansão da fronteira agrícola
	Degradação costeira e marinha	Transporte de combustíveis fósseis

FONTE: Goldemberg e Villanueva, 2003

A CMMAD (1991) ressalta que o gás é o combustível menos poluente em relação ao petróleo e ao carvão. Entretanto, todos os três contribuem para os problemas de poluição atmosférica, para o aquecimento global, para poluição urbano-industrial e para a acidificação do meio ambiente

REIS (2000) enfatiza que os impactos ambientais produzidos pelo setor energético ocorrem em toda sua cadeia de desenvolvimento, desde que os recursos naturais básicos são capturados para seus processos de produção, até que a energia chegue aos seus consumidores finais. Segundo esse autor, a poluição do ar urbano é um dos

problemas mais visível na atualidade. Grande parte dessa poluição é causada pelo transporte e pela produção industrial, ambos largamente ligados ao uso de energia, principalmente combustível fóssil. A chuva ácida, que tem como causa principal o uso do carvão mineral, afeta negativamente a vegetação e os ecossistemas. O efeito estufa e as mudanças climáticas por sua vez, devem-se principalmente aos gases emitidos pelas atividades industriais e pelo uso de combustível fóssil, principalmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). O desflorestamento causado pela poluição do ar, pela urbanização e pela expansão da agricultura e a desertificação ocasionada pelo cultivo e práticas agrícolas inadequadas, afetam o aquecimento global, já que as florestas possuem poder de absorção dos gases estufa. Ainda tem a degradação marinha e o alagamento, este último devido principalmente à construção de barragens e reservatórios para geração de energia hidroelétrica. Porém, os valores nos quais está baseado o paradigma do desenvolvimento vigente na sociedade atual, ainda é desenvolvimento econômico, implicando na exploração descontrolada dos recursos, uso de tecnologias em larga escala e consumo desenfreado.

### 1.3 ENERGIA E DESENVOLVIMENTO

A energia está em nossas vidas de forma constante, necessitamos dela em praticamente tudo o que fazemos, para aquecer, iluminar, conservar, nos locomover, para que funcionem indústrias, escritórios e outros locais de trabalho. A energia tornou-se indispensável para nossa sobrevivência, e seu uso está intimamente ligado com o desenvolvimento econômico. Além dos efeitos diretos, como citado acima, também gera efeitos indiretos, conforme relata GELLER (2003, p. 15).

As geradoras de energia, como as maiores empresas petrolíferas, estão entre as maiores e mais lucrativas corporações do mundo. As ações destas empresas afetam economias de governos de todo o mundo, (...) A distribuição de energia e a busca de recursos energéticos no mundo todo afetam as relações entre países, como se tem testemunhado com os conflitos periódicos por

causa do petróleo na região do Golfo Pérsico ou com as contendas entre a Opep e os países importadores de petróleo.

Nota ainda que desde 1850 o uso de energia no mundo aumentou mais de 20 vezes e mais de quatro vezes desde 1950. Esse aumento proporcionou melhoras no padrão de vida de significativa parcela da população, contudo, esse crescimento teve uma substancial concentração no mundo industrializado, onde residem apenas 20 % da população mundial.

GOLDEMBERG e VILLANUEVA (2003), apontam que a conexão entre energia e desenvolvimento tem sido estudada de uma maneira muito simplificada, onde o desenvolvimento é considerado como a capacidade de uma economia em sustentar um aumento no produto nacional bruto (PNB), sendo esse indicador uma medida grosseira do bem-estar geral da população, pois não considera a questão da desigualdade social dentro de um determinado país. Os países pobres além de consumirem menos energia do que os ricos, também consomem tipos diferentes de energia, sendo assim, é diferente o impacto ambiental resultante da energia consumida pelos diferentes grupos sociais.

Embora não seja o único fator, a energia é o ingrediente principal para o desenvolvimento. Comparando o consumo de energia per capita anual, entre países industrializados onde vivem 25 % da população mundial e os países em desenvolvimento onde vivem 75% da população. O consumo de energia primária em 1998 estaria de acordo com a tabela 2.

TABELA 2 - CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA- 1998<sup>5</sup>

	Consumo de energia x 10* TEP			População x 10*	Consumo de energia per capita (TEP)		
	Comercial	Não comercial	Total		comercial	Não comercial	Total
Países em desenvolvimento	3,01	0,85	3,86	4,56	0,66	0,19	0,85
Países industrializados	6,43	0,27	6,7	1,34	4,8	0,2	5
Mundo	9,44	1,12	10,56	5,9	1,6	0,19	1,79

FONTE: Goldemberg e Villanueva, 2003.

(\*) NOTA: elevado à nona potência.

Apesar de em 1998 o consumo anual médio de energia per capita mundial ser de 79 TEP (tonelada equivalente de petróleo) ou 18 mil kcal, existe grande diferença de mais de dez vezes entre o consumo dos países industrializados e dos países em desenvolvimento.

Esse fato é enfatizado pela CMMAD (1991) evidenciando que o aumento demanda de energia proveniente da industrialização, da urbanização e da melhoria das condições sociais, gerou uma desigualdade na distribuição e consumo de energia primária. Por exemplo, um indivíduo numa economia industrial de mercado consome 80 vezes mais energia que um habitante rural da África, outro dado é que um quarto da população mundial consome três quartos da energia primária do mundo.

REIS (2000) reforça ainda que na atual organização mundial, a energia pode ser considerada um bem básico que integra o homem ao desenvolvimento, isso se justifica por que a energia proporciona comunitária ou individualmente maiores oportunidades e variedades de alternativas. Caso uma região não possua uma fonte de energia de custo aceitável e credibilidade garantida, ela não poderá se desenvolver plenamente. O que

<sup>5</sup> Na tabela as fonte de energia são classificadas como: comerciais: objeto de transações monetárias envolvendo carvão, petróleo, gás e hidroeletricidade e não comerciais: basicamente diferentes formas de biomassa (madeira, carvão vegetal, resíduos agrícolas e humanos), portanto renováveis (Goldemberg e Villanueva, 2003).

implicaria no fato de privar o indivíduo e a comunidade ao acesso adequado a vários serviços essenciais como educação, saneamento e saúde pessoal, serviços esses que aumentam a qualidade de vida.

Assim, é fundamental para resolver os problemas de disparidade o acesso a uma determinada quantidade de energia. Porém graus de desenvolvimentos próximos aos que foram atingidos até o momento, tornam-se possíveis sem que no entanto seja necessário aumento semelhante na utilização de energia, como constatado no processo anterior, ou seja, com a utilização eficiente de fontes renováveis de energia é possível prosseguir com o desenvolvimento sem infligir ao ecossistema maiores pressões.

Em relação à energia existe há preocupação de estabelecer alguns indicadores de sustentabilidade, que não deixam de ser indicadores das oportunidades e condicionantes de um dado país em relação ao seu desenvolvimento. Dez indicadores nesse sentido foram estabelecidos pela Organização Latino Americana de Energia (Olade), dois dos mais importantes são: distribuição do consumo energético e o nível gasto em energia por níveis de renda. Outros oito indicadores podem ser utilizados para avaliar as condições de sustentabilidade do desenvolvimento segundo REIS (2000, p. 29,30):

Indicadores de dimensão econômica:

- auto-suficiência energética: sustentabilidade associada à baixa participação de importações na oferta energética;
- robustez diante das mudanças externas: sustentabilidade associada a baixo efeito de exportações energéticas no PIB;
- produtividade energética: relação PIB/energia consumida, o inverso da intensidade energética.

Indicadores de dimensão Social:

- cobertura elétrica: porcentagem de lugares eletrificados;
- cobertura das necessidades energéticas básicas: consumo de energia útil residencial

Indicadores da dimensão de recursos e meio ambientes:

- pureza relativa do uso da energia: relacionada com emissões de CO<sub>2</sub>
- uso de energias renováveis: estoque de recursos fósseis e lenha.

Também enumera seis linhas de referências básicas que definem as soluções energéticas voltadas para o desenvolvimento sustentável: A diminuição do uso de combustíveis fósseis maior uso de tecnologias e combustíveis renováveis, visando alcançar uma matriz renovável a longo prazo;

- aumento na eficiência do setor energético desde a produção até o consumo;
- necessidade de mudança no setor produtivo como um todo, para uso mais eficiente de materiais, transporte e combustíveis;
- desenvolvimento tecnológico no setor energético visando encontrar alternativas ambientalmente benéficas;
- definição de políticas energéticas de forma a favorecer a formação de mercados para tecnologias benéficas para o ambiente;
- incentivo ao uso de combustíveis menos poluentes.

MORAES (2005) enfatiza que o crescimento econômico, dentro de um contexto de sustentabilidade, tem ligação inequívoca com a eficiência energética e a utilização de novas fontes de energia.

#### 1.4 BREVES CONSIDERAÇÕES

A relação entre meio ambiente e desenvolvimento ganhou maior relevância no cenário mundial a partir da década de 70. Os países passaram a preocupar-se com questões relacionadas principalmente às questões energéticas e sua eficiência. Como o desenvolvimento está intimamente ligado ao consumo de energia, visando preservar o meio ambiente e não sucumbir a possível estagnação diante da grande dependência de energias não renováveis, são necessárias mudanças. O panorama global e nacional do consumo de energia será assunto do próximo capítulo.

## 2. CENÁRIO ENERGÉTICO GLOBAL E NACIONAL

Atualmente as economias de todo o mundo estão à mercê de fontes de energia altamente poluentes e finitas. Isso se apresenta como uma ameaça em um futuro não muito distante. Esse capítulo pretende apresentar aspectos globais e nacionais da utilização de energia, dando ênfase para os aspectos nacionais, destacando a evolução do consumo de energia no país e as mudanças na matriz energética nacional, apontando as potencialidades do uso de energias renováveis.

### 2.1 TENDÊNCIAS E USO GLOBAL DE ENERGIA

Nos últimos 150 anos as utilizações das fontes de energia que o planeta dispõe tiveram diversas mudanças. Até o século XIX a grande fonte utilizada era a biomassa que abrange o carvão, a lenha e resíduos agrícolas. A partir de 1890 aproximadamente, com a expansão do uso e da produção do carvão, este se tornou a principal fonte de energia mundial por cerca de 70 anos. O petróleo começou a ser relevante em meados do século XX, tornando-se a fonte dominante nos últimos 40 anos. Houve também, nos últimos 25 anos, um significativo crescimento no uso do gás natural e da energia nuclear. Entre os combustíveis fósseis o petróleo é o mais usado, respondendo por cerca de 35% do fornecimento de energia, seguido pelo carvão com 23% e o gás natural com 21% (GELLER, 2003).

Conforme exposto no capítulo anterior, existe uma disparidade muito acentuada entre o consumo de energia entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento, segundo GOLDEMBERG e VILLANUEVA (2003), o percentual das fontes de energia primária utilizadas em países industrializados e países em desenvolvimento em 1998 é apresentado na tabela 3.

TABELA 3 - COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DE ENERGIA PRIMÁRIA USADA - 1998

	PAÍSES INDUSTRIALIZADOS	PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO
PETRÓLEO	37%	33%
GÁS	25%	12%
CARVÃO	19%	25%
NUCLEAR	9%	1%
HÍDRICA	6%	7%
BIOMASSA	4%	22%

FONTE: Goldemberg e Villanueva, 2003

NOTA: nos países industrializados + biomassa + hídrica = 10%, nos países em desenvolvimento biomassa + hídrica= 29%.

A tabela apresenta uma significativa diferença na composição da matriz energética de países desenvolvidos e países em desenvolvimento. Enquanto nos países em desenvolvimento a energia hídrica juntamente com a biomassa compõe apenas 10% da energia utilizada em 1998, nos países em desenvolvimento esse percentual salta para quase 30%.

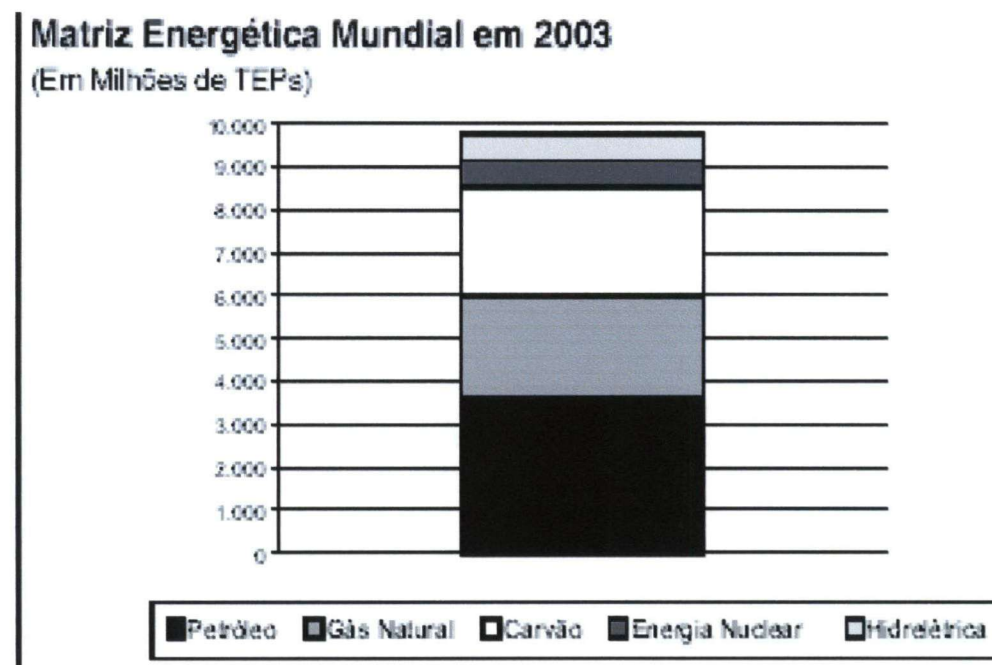
A energia é um fator essencial para o desenvolvimento, GELLER (2003) constata que atualmente cerca de um terço da população mundial, em torno de dois bilhões de pessoas, depende ainda quase que de maneira integral da lenha e de outras fontes tradicionais de energia para que suas necessidades energéticas sejam supridas. Essa população não consome nem eletricidade, nem gás natural, o que contribui muito para seu empobrecimento, em contrapartida os indivíduos mais ricos do mundo, demandam cada vez mais combustíveis fósseis, energia hidroelétrica e nuclear, para que sejam abastecidos seus veículos, instalações físicas e equipamentos.

É fato que a distribuição e consumo de energia é extremamente díspar entre os países denominados do Norte e do Sul, o que conseqüentemente implica em níveis e qualidade de vida totalmente desigual. Contudo, essas disparidades geradas pela distribuição energética não ocorrem apenas entre países, mas também dentro de cada país de acordo com a distribuição de riqueza.

Outro aspecto preocupante, além das desigualdades sociais reside nos problemas ambientais decorrentes do uso de energia convencional e suas limitações por não serem renováveis. Os combustíveis fósseis, por exemplo, respondem por mais de 80% do consumo de energia atualmente.

Segundo ROSA e GOMES (2004) no ano de 2003 o consumo mundial de energia foi de cerca de 9,7 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEPS), a estimativa é que esse valor atinja até o final da década 11,7 bilhões de TEPS, considerando um crescimento de 2%a.a. aproximadamente. A matriz energética em 2003 é apresentada pelo gráfico que segue 2.

GRÁFICO 2 - MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL EM 2003



FONTE: British Petroleum, 2004.

NOTA: Gráfico extraído do BNDES, 2004.

De acordo com o gráfico a distribuição de energia é composta por: petróleo (37,3%), carvão (26,5%), gás natural (23,9%), energia nuclear (6,1%) e hidrelétrica

(6,1%). O gás natural vem aumentando sua participação na matriz energética, tendência que se observa também no Brasil como será destacado no ponto 2.2 deste capítulo. O carvão, que vinha com sua participação sendo diminuída de forma histórica, cresceu 1% em 2003. Contudo a principal fonte de energia mundial continua sendo o petróleo, até que haja uma restrição de sua oferta, momento a partir do qual, será fundamental e decisiva a disponibilidade de outras fontes de energia para economia global (BNDES, 2004).

MORAES (2005) sublinha a relevância do petróleo no mercado internacional, como principal fonte de energia e commodity mais importante. As duas crises nos preços ocorridas nos anos 70 deixaram claro a importância do petróleo na economia mundial. Porém, as mudanças que foram sinalizadas durante as crises acima citadas, como ajuste na demanda e aprimoramento de tecnologias apropriadas para uso de novas fontes energéticas não se sustentou devido ao retorno dos preços do petróleo a patamares aceitáveis e a complexidade técnica que exigia uma substituição em larga escala do petróleo por outra fonte de energia.

Ainda no que se refere a atual situação das reservas de petróleo e gás natural, ROSA e GOMES (2004) assinalam como fato importante a concentração das reservas no Oriente médio. Alguns esforços foram realizados após a crise da década de 1980 para extração de reservas em países fora das Organizações dos Países Exportadores de Petróleo (Opep)<sup>6</sup>, diminuindo assim sua fatia no mercado mundial de 52% em 1974 para 29% em 1985. Com isso, ao longo das décadas de 1980 e 1990 o poder de barganha da Opep foi diminuído em razão de investimentos pesados em novas fronteiras de produção, em tecnologias de extração e no aproveitamento de reservas. Contudo, essa maior produção petrolífera fora do cartel culminou com um pico de produção atingido mais cedo em diversos países, fato que fez com que a produção voltasse a se concentrar nos países do Cartel.

---

<sup>6</sup> A Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) compreende 11 países: Arábia Saudita, Iraque, Irã, Kuwait, Catar, Emirados Árabes, Argélia, Líbia, Nigéria, Venezuela e Indonésia.

As atuais reservas de petróleo são estimadas na ordem de 1,1 trilhões de barris, sendo que 77% desse total se localizam em países da Opep, isso indica uma crescente participação da produção desses países no mercado mundial em contrapartida, houve queda da participação dos países que não fazem parte da Opep. Quanto ao futuro do petróleo (utilizando a relação reservas/produção), as estimativas são de que as reservas comprovadas atinjam cerca de um trilhão de barris, o que garantiria oferta por mais uns 40 anos se fosse considerada a atual produção de cerca de 25 bilhões de barris/ano .

As projeções quanto ao esgotamento do petróleo e à sua substituição se multiplicaram nos anos 70, sendo que alguns estimaram que aproximadamente no ano 2000 o petróleo já seria um recurso escasso, fato que não se confirmou embora seja manifesto a possibilidade de esgotamento das reservas petrolíferas (MORAES, 2005).

ROSA e GOMES (2004) explicam que o Pico de Hubbert<sup>7</sup> tem por objetivo fazer uma estimativa do futuro da produção de petróleo. A produção de petróleo atingiria um pico máximo de produção declinando a partir daí. Em contraste com a estimativa de reservas na ordem de 1,1 bilhões barris de petróleo feita pela British Petroleum, a Association for the Study of Peak Oil & Gas (Aspo), seguidores de Hubbert, estimam que as reservas provadas de petróleo convencional atinjam apenas 780 bilhões de barris, isso porque segundo os autores, existe a prática de declarar reservas provadas que não correspondem à realidade com objetivo de apresentar aos investidores dos mercados de capitais um quadro de crescimento regular das reservas, de modo a garantir a valorização contínua de suas ações. Segundo o gráfico 3, elaborado pela Aspo, estaríamos passando na atualidade pelo pico de Hubbert.

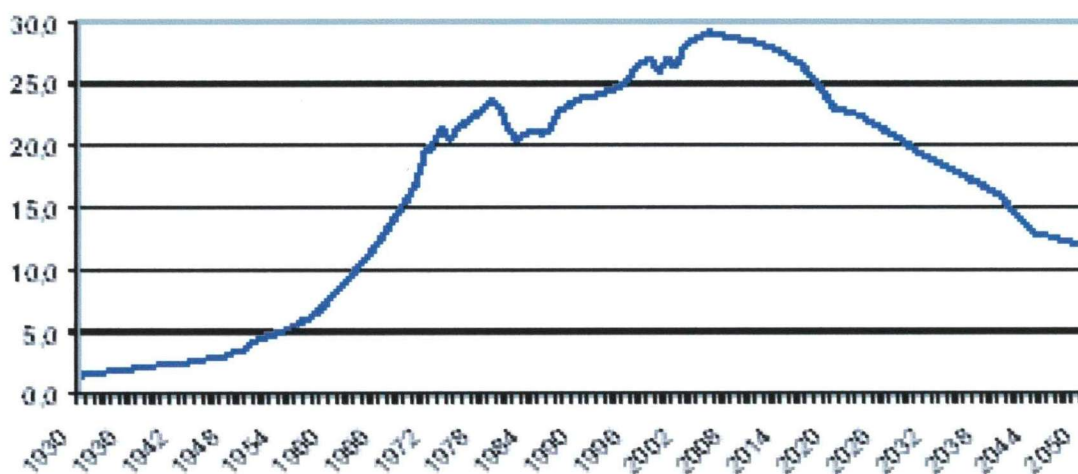
---

<sup>7</sup> O método desenvolvido por Hubbert para prever o futuro da extração de petróleo nos Estados Unidos pode ser aplicado ao mundo como um todo, o que foi feito, em 1982, pelo próprio Hubbert [Deffeyes (2001)]. Para tanto, basta estimar a totalidade do petróleo existente (em condições de ser extraído de forma econômica) e a taxa de crescimento da produção. No momento em que a produção acumulada atingir a metade – ou, no mínimo, a vizinhança da metade – do total existente, a produção estará no máximo e tenderá a declinar a partir desse ponto.

GRÁFICO 3 - PICO DE HUBBERT PARA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO 1930/2050

### Produção de Petróleo Convencional e Não-Convencional – 1930/2050

(Em Bilhões de Barris/Ano)



FONTES: ASPO, 2004.

NOTA: Gráfico extraído do BNDES, 2004

OBS: O petróleo não convencional diz respeito a reservas de regiões polares, de águas profundas e os líquidos de gás. A eminência do Pico de Hubbert não é aceita pelos países e empresas produtores de petróleo.

MORAES (2005) aponta, no entanto, que as previsões não representam necessariamente a verdade, tendo em vista que as projeções podem sofrer alterações e revisões devidas principalmente a descoberta de novos campos de petróleo e aos diferentes ritmos de crescimento da economia mundial, bem como o fato de existir assimetria de informações já que dados geológicos completos são restritos às companhias que exploram o petróleo.

## 2.2 CENÁRIO ENERGÉTICO BRASILEIRO

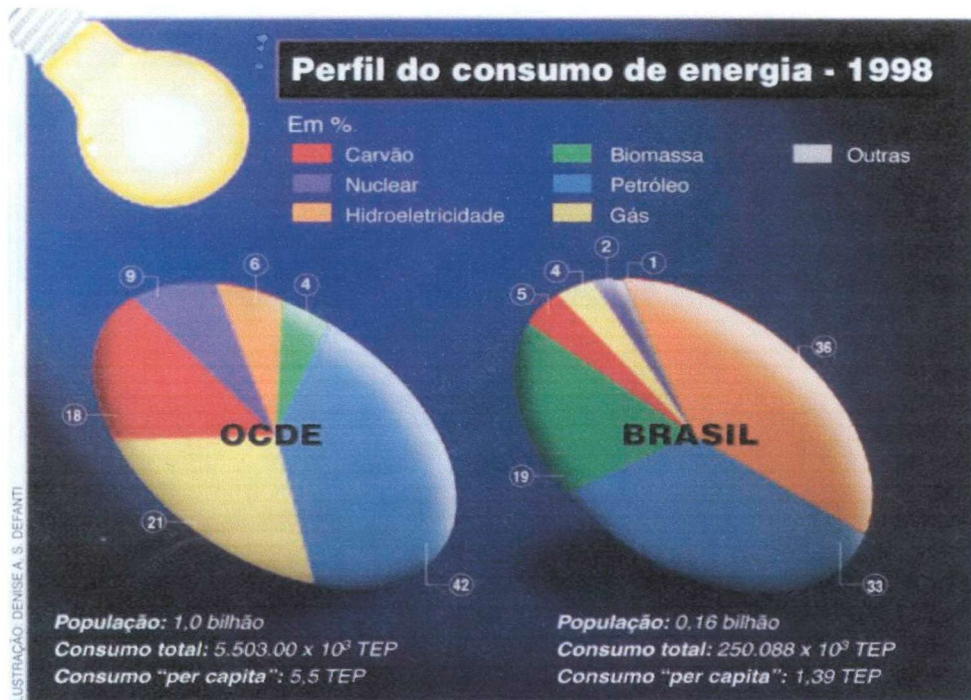
No Brasil, como em outros tantos países em desenvolvimento o governo nacional é o agente com maior peso nas decisões que se referem ao setor energético, bem como é responsável pelas decisões econômicas nacionais. JANUZZI e SWISHER (1997) assinalam que a energia no Brasil tem sido utilizada como elemento estratégico para promoção de crescimento econômico via industrialização e exportação de manufaturados, principalmente os intensivos em eletricidade. Uma importante parte da estratégia de desenvolvimento industrial brasileiro foi à infra-estrutura para promover energia. O setor industrial teve preços preferenciais para combustíveis e eletricidade durante os planos de desenvolvimento econômicos, algumas indústrias como as exportadoras de alumínio ainda pagam preços abaixo dos custos reais de produção.

GOLDEMBERG (2000) compara na figura 1 o perfil de consumo de energia nos países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) de 5,5 TEP per capita por ano, com os 1,39 TEP per capita por ano do Brasil em 1998, observando que o consumo da OCDE<sup>8</sup> e do Brasil é fundamentalmente diferente. O consumo de combustíveis fósseis representa no Brasil 42%, enquanto que nos países da OCDE representa 81% do consumo. O autor aponta ainda que o Brasil vem apresentando um crescimento no consumo per capita de 2,2% nos últimos anos, mas que não precisa necessariamente imitar os modelos de países industrializados que geraram sérios problemas ambientais com o elevado consumo de energia.

---

<sup>8</sup> Países que compõem a OCDE: Alemanha, Austrália, Bélgica, Canadá, Espanha, Estados Unidos, França, Grécia, República da Irlanda, Itália, Japão, México, Nova Zelândia, Noruega, Portugal, Polónia, Reino Unido, Áustria, Luxemburgo, Suécia, Eslováquia, Hungria, Turquia, Finlândia e Coreia do Sul.

FIGURA 1 - PERFIL DO CONSUMO DE ENERGIA - 1998



FONTE: Goldemberg, 2000.

NOTA: As outras energias não especificadas englobam principalmente energia eólica e solar.

O consumo de energia brasileiro, bem como dados da produção interna de energia e quanto à produção representa em relação ao total consumido, são apresentados na tabela 4. O percentual de energia produzida internamente no Brasil em 1998 era de 78,5%, contra 21,5% que era importada, tendo em vista que nesse ano o Brasil ainda não importava gás da Bolívia.

TABELA 4 - PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL - 1998

	Oferta Interna de Energia x 10 <sup>3</sup> TEP	Produção de energia primária x 10 <sup>3</sup> TEP	Fração de energia produzida Internamente (%)
<b>Energia não renovável</b>	<b>104.477 (42%)</b>	<b>62.080</b>	<b>57.30</b>
Petróleo	84.016	49.571	59.00
Gás Natural	6.645	10.443	100.00
Carvão	12.322	2.043	16.60
Urânio	1.494	23	1.50
<b>Energia Renovável</b>	<b>145.611 (58%)</b>	<b>134.112</b>	<b>92.00</b>
Hidroeletricidade	95.925	84.498	88.10
Lenha e Carvão Vegetal	21.238	21.233	100.00
Derivados cana de açúcar	25.063	24.996	99.70
Outras fontes renováveis	<b>3.385</b>	<b>3.385</b>	<b>100.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>250.088 (100%)</b>	<b>196.192</b>	<b>78.50</b>

FONTE: MME - Balanço Energético Nacional, 1999.

NOTA: Tabela extraída de GOLDEMBERG, 2000.

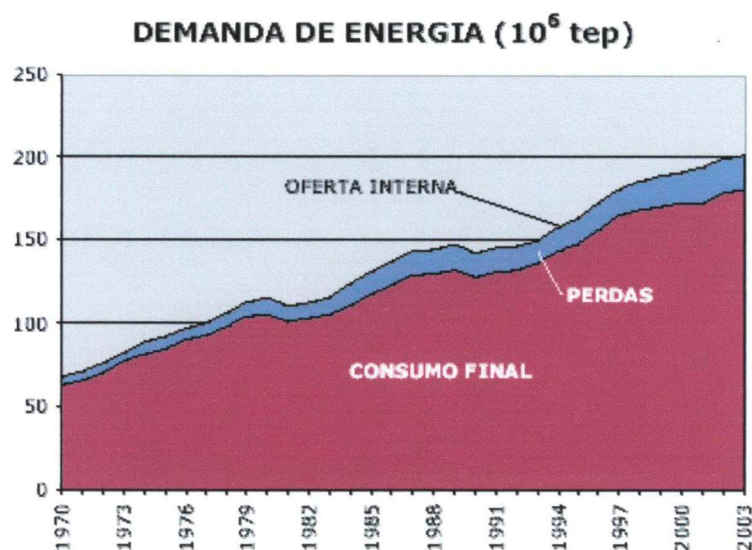
Dados mais recentes, apontam para um crescimento do consumo de recursos não renováveis no Brasil, segundo JULIBONI (2004 p. 38):

O consumo de energia não renovável cresceu 6,6 pontos percentuais no Brasil entre 1992 e 2002. A maior demanda de gás natural para uso em termelétricas e plantas industriais, e a redução da procura de algumas fontes renovável (como a lenha) elevou a participação das fontes não renováveis na matriz energética do país de 52,4% para 59% no mesmo período. Entre as fontes de energia, o consumo de gás natural foi o que mais cresceu. No período, a participação desse combustível mais do que dobrou, passando de 3,2% para 7,5%. Enquanto isso, os derivados de petróleo subiram de 41,7% para 43,1%, o consumo de carvão mineral caiu de 7,3% para 6,6% e a energia nuclear (representada pela demanda por urânio) avançou de 0,2% para 1,9% da matriz energética. As informações foram divulgadas no relatório Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

De acordo com a Análise energética Brasileira realizada pelo Ministério de Minas e Energia (MME), referente ao período 1970 até 2003, a oferta interna de energia (OIE)<sup>9</sup> em 2003 foi 201% superior a oferta de 1970 e equivalente a 2% da demanda mundial, conforme mostra gráfico 4.

<sup>9</sup> A oferta Interna de Energia (OIE) é a soma do consumo final, das perdas na distribuição e armazenagem e das perdas nos processos de transformação. (Ministério de Minas e Energia, 2004).

GRÁFICO 4 - DEMANDA DE ENERGIA 1970 /2003

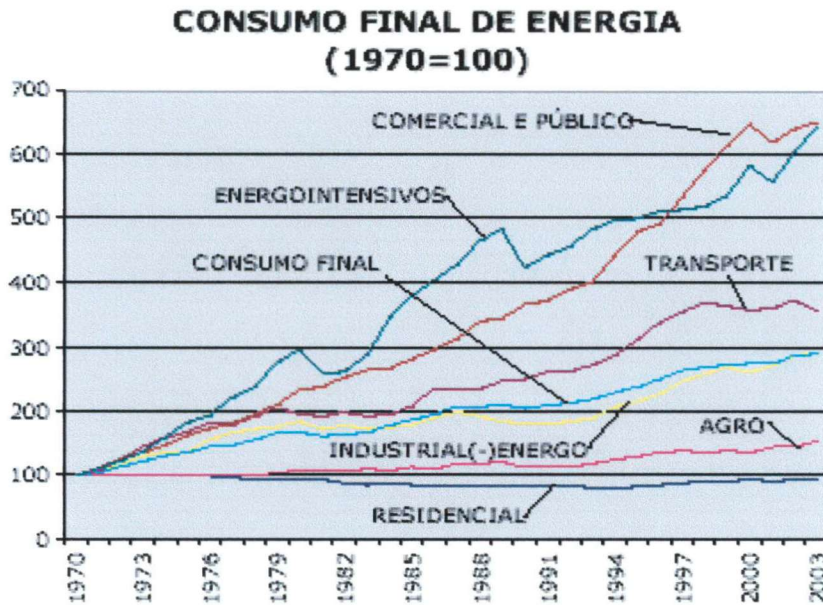


FONTE: Balanço Energético Nacional, 2003.

NOTA: Gráfico extraído do MME, 2004.

O abastecimento do consumo nacional de energia, também apresentou alterações em relação aos dados de 1998, sendo em 2003 composto por 89% de recursos nacionais e 11% energia importada. Quanto ao consumo final de energia por setor o MME (2004) apresenta alguns dados que podem ser observados no gráfico 5. Em 2003 o consumo final de energia foi de 1808177,4 milhões de TEP. O setor de transporte foi marcado em 1980 por grande estagnação das indústrias voltadas para o consumo interno, geradoras de emprego e pouco intensivas em capital e em energia. O setor de transporte tendeu a acompanhar a trajetória do consumo final. O setor residencial apresentou estabilidade. O setor agropecuário apresentou queda no uso de lenha e carvão como fonte de energia devido ao êxodo rural.

GRÁFICO 5 - CONSUMO FINAL DE ENERGIA 1970/2003



FONTE: Balanço Energético Nacional, 2003.

NOTA: Extraído do MME, 2004.

Conforme apontamentos já efetuados nesse trabalho, a distribuição de energia ocorre de forma díspar entre países e também em regiões de um mesmo país, sendo que o Brasil não foge a essa regra.

Conseqüentemente os ricos e os pobres têm diferença fundamental no uso de energia. GOLDEMBERG e VILLANUEVA (2003) sustentam que enquanto os pobres preocupam-se em obter energia necessária para cozinhar e para outras atividades básicas, a elite tenta copiar o estilo de vida que prevalece nos países desenvolvidos e mantêm padrões de energia similares voltados para o luxo. Para famílias que tem renda alta os derivados do petróleo, incluindo gás liquefeito de petróleo, representam 65% da energia total consumida, enquanto em famílias com renda baixa esse consumo cai para 35%. Em contrapartida em famílias de renda alta o consumo de lenha e carvão vegetal representam apenas 8% e nas famílias de baixa renda representam 40%.

Os autores apontam ainda três indicadores sociais utilizados para diversos países, como função do consumo de energia per capita para ilustrar sua relevância: taxa de mortalidade infantil, alfabetização e taxa de fertilidade. Onde o consumo de energia comercial é inferior a uma tonelada equivalente de petróleo (TEP) por ano, é a baixa expectativa de vida. Acima de 2 TEP as condições melhoram significativamente, indicando um marco importante ultrapassar a barreira de 1 TEP/capita.

GOLDEMBERG (2000) afirma que o Brasil não necessita seguir a trajetória dos países industrializados, onde o elevado consumo de energia levou a degradação do meio ambiente, podendo crescer e se desenvolver economicamente adotando energias mais eficientes e não poluentes.

Embora seja uma necessidade, como verifica BERMANN (2002), o Brasil ainda não incorporou aspectos sociais e ambientais nas avaliações de seus potenciais energéticos. O país possui diversas formas de energia abundantes que poderiam vir a ser utilizadas de forma mais abundante. Ele identifica a participação das fontes de energia renováveis convencionais no Brasil, conforme a tabela 5, mas lança a questão se os grandes empreendimentos hidroelétricos, com sua magnitude de impactos sociais e ambientais, podem mesmo ser classificados de renováveis, bem como, se a lenha e o carvão vegetal obtido com desmatamento de matas nativas podem assim ser considerados recursos renováveis.

TABELA 5 - PARTICIPAÇÃO DAS FONTES RENOVÁVEIS NA OFERTA ENERGÉTICA

Fontes	Ktep	%
Hidroeletricidade	32.208	17,1
Lenha e carvão vegetal	21.265	11,3
Derivados de Cana de Açúcar	24.601	13,0
Outras fontes primárias	3.755	2,0
Total energia Renovável	81.829	43,3

FONTE: MME, Balanço energético Nacional, 2000.

NOTA: Tabela extraída de BERMANN, 2002.

Quanto às fontes renováveis não convencionais o Brasil tem algumas fontes que podem ser mais bem exploradas, a capacidade instalada dessas fontes está na tabela abaixo, são dados de 1999.

TABELA 6 - CAPACIDADE INSTALADA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NÃO CONVENCIONAIS - 1999

FORNTE DE ENERGIÁ	CAPACIDADE INSTALADA
EÓLICA	20,3 MW
SOLAR FOTOVOLTAICA	6,0 MWp
PCH'S	1.169,1 MW
COGERAÇÃO DE CANA	132,0 MW (t)

FONTE: Eletrobrás – Plano Decenal 2000/2010, 2001.

NOTA: Tabela extraída de BERMANN, 2002.

BERMANN (2002) afirma que o Brasil tem condições privilegiadas para produzir biomassa, partindo do uso da cana-de-açúcar e de outras variedades de plantas, dependendo basicamente de duas condições: terra fértil e insolação. A cogeração, ou seja, produção simultânea de energia elétrica e vapor é a possibilidade mais promissora. Vários projetos estão em desenvolvimento no Brasil para utilização do bagaço de cana e resíduos de indústrias de papel e celulose para geração de energia através da biomassa.

Quanto ao potencial eólico do país, o autor apresenta uma estimativa de aproximadamente 28.900 MW, mais de 40% da atual capacidade instalada. A região nordeste, principalmente Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco, apresentam maiores potenciais dentre as regiões do país. A alternativa de geração de energia eólica apresenta nessas regiões condições econômicas consideravelmente competitivas, comparadas a outras alternativas. Está localizada em Fernando de Noronha a primeira turbina eólica instalada no país e em Diamantina a primeira central eólica. O governo Federal lançou em julho de 2001 o Programa Emergencial de Energia Eólica –Pró eólica, que indicava uma capacidade instalada de 1.050 MW

até 2003. Importante também é os esforços com pesquisas e propagação dessa tecnologia do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Salvo Brito (CRESESB), sediado no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) no Rio de Janeiro.

Já as pequenas Centrais Hidroelétricas (PCH's), são usinas com capacidade de geração de até 30.000 kW, essa energia gerada tem um desconto de 50 % nas tarifas de transporte de eletricidade. Em 2000, conforme dados do Sistema de Informação do Potencial Hidroelétrico da Eletrobrás (SIPOT), encontrava-se em operação 179 PCH's. Esforços com pesquisas e disseminação de tecnologia para consolidação desta alternativa energética são realizados no Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos (CERPCH), com sede em Minas Gerais.

### 2.3 BREVES CONSIDERAÇÕES

A matriz energética mundial de 2003 mostra a utilização em grande escala de combustíveis fósseis para o fornecimento de energia, cerca de 80 % do consumo atual de energia. Além disso, estimativas alertam para o fim das reservas de petróleo muito em breve. O cenário Brasileiro mostra o aumento da demanda por energia é crescente. Por isso, algumas medidas têm sido tomadas em relação ao aproveitamento mais eficiente de recursos renováveis que são abundantes no país, contudo ainda são iniciativas isoladas e com pouco impacto no cenário energético nacional.

O Brasil, apresenta uma demanda crescente de energia, a exemplo dos países em desenvolvimento, contudo ainda não mostrou resultados de grande importância no aproveitamento de seu grande potencial energético renovável, de modo a preservar o ecossistema e diminuir as desigualdades na distribuição energética. O capítulo pretende apresentar o potencial de utilização de uma das fontes renováveis abundantes no país: a energia solar.

### 3 ENERGIA SOLAR

Este capítulo apresentará brevemente os aspectos históricos da energia solar, apontando os atuais estágios de desenvolvimentos desse tipo de energia em alguns países. Posteriormente fará abordagem dos aspectos técnicos e a utilização da energia solar no âmbito nacional, com enfoque para os fatores limitantes e as potencialidades econômicas e sociais.

#### 3.1 ENERGIA SOLAR : BREVE HISTÓRICO E PANORAMA GLOBAL

De acordo com cálculos dos astrofísicos, o sol ainda vai durar em torno de quatro milhões e meio de anos, com isso, poderia tranquilamente atender todas as necessidades energéticas do planeta mesmo que a fauna e a flora aumentassem enormemente, tendo em vista que a cada ano o sol fornece quinze mil vezes mais energia do que a utilizada pela população global em termos comerciais, fora a energia que fica armazenada na superfície terrestre, nas águas, na vegetação. Mas ainda em nossa era é predominante uma consciência pré-tecnológica ante energia solar. Ao mesmo tempo em que geralmente as pessoas tendem a acreditar que a tecnologia é capaz de solucionar todos os problemas, elas não conseguem imaginar a utilização da energia solar de forma pouco complicada e ajustada às necessidades.

Praticamente todas as fontes de energia, como a biomassa, a hidráulica, a eólica, a energia dos oceanos e até mesmo as energias fósseis, são indiretamente formas de energia solar. A energia solar pode também ser utilizada de forma direta, como fonte térmica para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica, isso com auxílio de coletores e concentradores solares.

Cada vez mais, tem sido demonstrada de forma ampla a viabilidade material da tecnologia solar. A questão de viabilidade tem se mostrado vinculada apenas a problemas técnicos ou organizacionais da utilização combinada de diferentes fontes

de energias renováveis, relacionada às necessidades reais de uma região ou economia nacional, sua capacidade de rendimento e seus custos de implantação (SCHEER, 2002).

Cotidianamente temos contato com o sol e raramente consideramos sua importância como solução de nossos problemas de suprimento de energia, com a vantagem de não poluir e não ameaçar nosso meio sócio-ambiental. RODRIGUES, (2002, p. 18) considera a energia solar como a fonte ideal por ser abundante, renovável e não agredir o ecossistema. Seus apontamentos mostram que a utilização da energia solar vem de tempos remotos:

Alguns historiadores acreditam que Arquimedes incendiou navios romanos concentrando sobre eles raios solares refletidos por espelhos. Em 1774, Lavoisier, famoso químico francês, construiu um forno solar com uma lente de aproximadamente 1,5m de diâmetro e conseguiu obter a temperatura de 1700°C. Durante as décadas de 1870 e 1880, John Ericson, engenheiro sueco-americano, propôs um sistema para transformar a energia solar em mecânica. Um dos dispositivos teria produzido mais de um cavalo-vapor métrico (746W) por 9,5m<sup>2</sup> de superfície coletora.

Contudo, só em 1930 teve início a pesquisa moderna sobre o uso da energia solar, quando o físico norte-americano Charles G. Abbot, criou uma caldeira movida à energia solar. Nessa época também, nos EUA, na universidade de Harvard e no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, iniciaram-se os programas solares Godfrey Cabot. Em 1954 foi criada a bateria solar nos laboratórios Bell Telephone. No mesmo ano, foi formada nos EUA a Associação Para Aplicação da Energia Solar, constituída por cientistas especializados em energia solar, objetivando pesquisar meios de aproveitamento da energia solar (RODRIGUES, 2002).

Posteriormente, com a escassez de petróleo e gás natural, em 1970, os EUA tiveram um estímulo nos esforços em conseguir com a energia solar, uma fonte produtora de força efetivamente funcional. Em 1974 foi aprovada no congresso norte-americano a lei sobre pesquisa e desenvolvimento de energia solar. Essa lei dava autorização a um programa nacional de pesquisa de energia solar com o intuito de

desenvolver sistemas de maior eficiência na captação, concentração e armazenamento dessa energia. Esses sistemas visavam assegurar a utilização de modo econômico da energia solar na calefação e refrigeração das habitações e edifícios de escritórios bem como facilitar aos engenheiros a construção de usinas destinadas à conversão da energia solar em eletricidade para uso industrial.

Entretanto, os únicos incentivos para energia solar não se restringem apenas a consciência ecológica para consumo de energias limpas e a necessidades de abastecer locais afastados das redes de eletricidade convencionais. Um importante incentivo está ligado à queda do custo dos sistemas de captação e aproveitamento de energia solar, devido à descoberta de novas tecnologias mais racionais e baratas. Em 2002 já era possível gastar em torno de 3 dólares para gerar 1 watt de potência elétrica a partir da energia solar, enquanto em 1984 eram necessários cerca de 10 dólares para gerar essa mesma potência. Com isso torna-se mais barato instalar painéis solares do que puxar a linha elétrica, para uma casa situada, por exemplo, a 3 km da rede elétrica convencional. Esses fatores estão tornando a energia solar cada vez mais competitiva em relação às hidroelétricas e a popularização dessa tecnologia fará com que os custos se reduzam ainda mais (RODRIGUES, 2002).

Alguns dados apresentados pelo CRESESB referentes ao ano de 1999, mostram, conforme tabela 7, o panorama da potência instalada (MW) de energia solar fotovoltaica nos dez países que apresentam maior utilização no mundo. O mercado de energia solar vem crescendo de forma gradativa em diversos países, entretanto apresenta algumas limitações mais acentuadas em países subdesenvolvidos.

TABELA 7 – POTÊNCIA TOTAL INSTALADA (MW) ENERGIA FOTOVOLTAICA - 1999

<b>País</b>	<b>Potência Instalada (MW)</b>
Japão	205,3
EUA	117,3
Alemanha	89,5
Austrália	25,3
Itália	18,5
Suíça	13,4
México	12,9
Holanda	9,2
França	9,1
Espanha	9,1

FONTE: CRESESB, 1999

De acordo com a tabela, os dados de 1999 indicavam os EUA como segundo país na utilização de energia solar fotovoltaica, mas atualmente os países com maior aproveitamento energético solar é o Japão, seguido da Alemanha. Foi instalada em Munique (Alemanha) a maior estação de energia solar do mundo, com capacidade para iluminar uma cidade de 40 mil habitantes, contando com 57.600 painéis solares a Bavarian Solarpark custou 60 milhões de dólares, aproximando a Alemanha do Japão como o país de maior aproveitamento de energia solar do planeta (JULIBONI, 2004).

Para enfatizar a importância crescente da energia solar, o jornalista e ambientalista KEMPF (2004) menciona importantes fatos no que se referem ao aproveitamento de energia solar em alguns países. Ele ressalta que a indústria solar cresce a um índice de 30 a 40% ao ano, mostrando que tem “fôlego” para ir muito além a curto prazo, isso no que diz respeito a ambas vertentes, a térmica e a fotovoltaica. Um marco para o setor, foi a 19ª Conferência Européia da Indústria

Fotovoltaica que aconteceu em Paris de 7 a 11 de junho de 2004. Reuniram-se indústrias, engenheiros e profissionais do setor, foram apresentados 40 sessões de seminários e palestras e mais de 200 stands da feira foram visitados por mais de 2500 congressistas do mundo inteiro. A conferência mostrou que a indústria solar deixa seu estado artesanal para tornar-se um setor econômico inovador que necessita de tecnologia de ponta.

A Alemanha também vem concedendo há alguns anos significativos subsídios para aquisição de equipamentos solar térmico e garante a compra de eletricidade fotovoltaica a preços elevados de até 60 centavos de Euro por quilowatt/hora. Desta forma fica estabelecida uma harmonia entre os interesses ambientais e a política industrial estatal, fazendo com que surja um novo setor e novos empregos. A previsão do governo alemão era de que até dezembro de 2004 fossem instalados no país 20 mil parques de coletores fotovoltaicos, gerando assim 200 megawatts e ultrapassando um faturamento de 1 bilhão de Euros, contra apenas 80 milhões de 1998. Os incentivos deveriam criar, ainda, 4 mil novos empregos. As empresas no setor têm a preocupação no entanto de instalar usinas solares onde a população achar que elas são bem vindas, medida tomada para não encher a paisagem com placas coletoras. A empresa Voltwerk, maior projetista de usinas na Alemanha, afirma que “a aceitação dos parques solares em suas regiões é muito importante”. Uma pesquisa encomendada pelo Departamento Federal de Imprensa Alemão verificou que 70% da população tem preferência pela energia solar como fonte que vai garantir a demanda do país daqui a 20 ou 30 anos.

MOURÃO (2003), relata ainda que em Freiburg, cidade alemã, existem aproximadamente 10 mil telhados com painéis solares fotovoltaicos. O governo alemão almeja chegar a 100 mil telhados, fazendo com que cada residência funcione como uma usina elétrica, para tanto oferece financiamento com juros baixos, sendo que os credores têm prazo de 4 anos para pagar suas células fotovoltaicas, que têm garantia de 25 anos, ou seja, depois de quatro anos, só há lucro já que não há mais nada

para pagar. O governo também obrigou por lei, que as companhias de energia comprem nos próximos 20 anos, toda a energia solar produzida, pagando um preço três vezes maior do que aquele que cobra dos seus clientes. O programa dos 100 mil telhados dá crédito barato para todas as pessoas que querem investir em energia solar

A Espanha há vários anos tem uma legislação de compra de excedentes dos usuários de energia eólicas e provavelmente adotará uma tarifa de compra de eletricidade para estimular a geração fotovoltaica. Por enquanto, a França ainda apresenta uma presença não muito significativa no setor, o país apresenta baixo interesse governamental que está muito mais voltado para energia nuclear, existe apenas uma empresa industrial grande na França, A Photowatt, que é subsidiária da Matriz Canadense situada nos Alpes franceses tem a produção voltada quase que inteiramente para exportação. Os Estados Unidos, a exemplo da França, também não têm grande presença no setor, embora a General Electric tenha decidido se engajar recentemente no campo da energia solar.

Percebe-se que o setor de energia solar, ainda depende fortemente da assistência que os governos devem fornecer para esse tipo de energia que não emite gás carbônico. O Japão e Alemanha são os líderes nesta indústria graças à ajuda econômica que seus governos concederam aos consumidores de energia elétrica solar.

### 3.2 ASPECTOS TÉCNICOS DA ENERGIA SOLAR

A energia solar requer instalações complexas e custosas para sua captação e aproveitamento, isso porque se apresenta sob forma disseminada e não concentrada sob a superfície terrestre. Também está sujeita a outras alternâncias periódicas e causais, tais como o dia e a noite, dias nublados e chuvosos e períodos de inverso. Isso torna necessária a utilização de dispositivos de acumulação.

A energia solar pode ser utilizada em três modos principais de aproveitamento de acordo com COMMETTA (2000):

- Processos térmicos, subdivididos em: alta, média e baixa temperatura;
- Processos elétricos;
- Processos químicos.

ALDABÓ (2002), reforça ainda essas informações destacando que pelo processo térmico, que utiliza altas temperaturas (acima de 1000°C), é possível o aproveitamento da energia solar mediante forno solar parabólico. As médias temperaturas (até 1000°C) são utilizadas para fornos solares, geradores de vapor d'água e transformação em energia elétrica e mecânica. Por fim, as baixas temperaturas (até 1000°C) são utilizadas para aquecer ambiente, condicionar o ar, refrigerar, evaporar, destilar e ainda gerar vapor de líquido especial. O processo de geração direta da energia solar em elétrica pode ser fotovoltaico ou termoeletrico e o processo bioquímico pode ser por fotólise e fotossíntese.

Cabe aqui ressaltar que o presente trabalho está centrado nas potencialidades da utilização da energia através do aproveitamento térmico e fotovoltaico. Nesse sentido o efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar. Os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destacando-se o silício. A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as melhores células apresentam um índice de eficiência de 25% (ANEEL,2002).

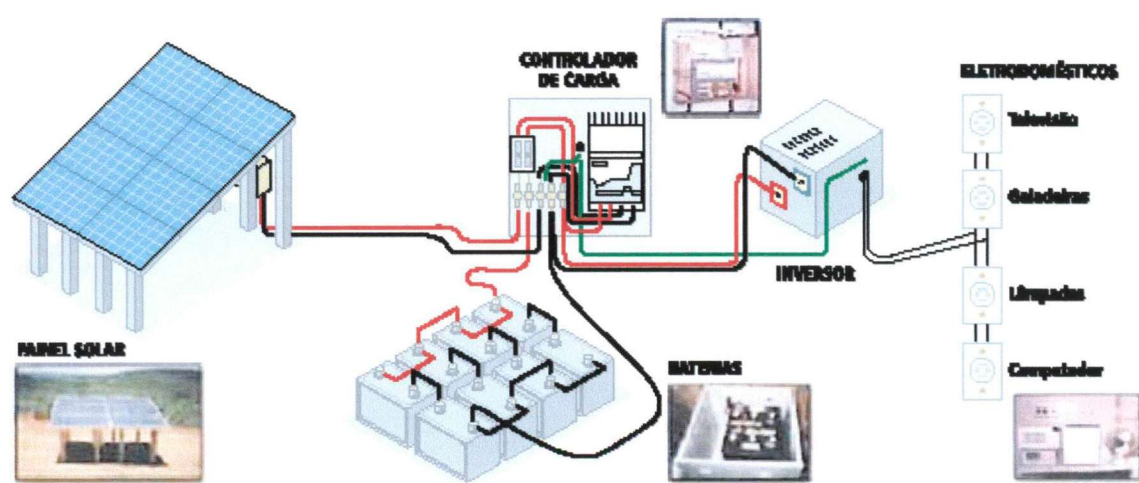
De acordo com ALDABÓ (2000), o efeito fotovoltaico pode ser definido como a capacidade de uma célula solar transformar a energia luminosa em energia elétrica. O painel solar é composto por um conjunto de células fotovoltaicas interligadas e dispostas em uma estrutura de sustentação que utiliza materiais comuns, o coletor solar ainda pode dispor de equipamento para sua orientação

conforme o movimento do sol. O módulo fotovoltaico tem a função de converter a luz solar em eletricidade. Em geral um módulo fotovoltaico típico pode produzir cerca de 75 watts se estiver sob incidência plena de luz solar. A eficiência do sistema depende da fração de energia solar que vai atingir a célula e que será convertida em potência elétrica. Entretanto a eficiência varia de acordo com o material usado na fabricação, geralmente silício, arsenieto de gálio, telureto de cádmio e disileneto de cobre e índio.

Para COMMETTA (2000), embora a utilização de materiais com padrões qualitativos e de confiabilidade inferior na fabricação da célula fotovoltaica, reduza o seu rendimento, ainda assim é viável a utilização desses materiais, visando uma grande redução dos custos de fabricação.

Testes em laboratórios demonstram que a vida útil de um módulo fotovoltaico é superior a 20 anos, outros componentes do sistema têm vida útil um pouco menor, as baterias podem durar entre 5 e 15 anos, e os componentes eletrônicos em torno de 10 anos (ALDABÓ, 2002).

FIGURA 2 - SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DE ENERGIA ELÉTRICA



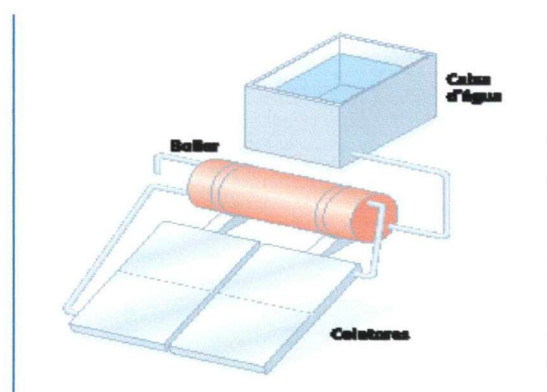
FONTE: ANEEL, 2002

O aproveitamento térmico da energia solar pode se dar através do coletor solar, que utiliza a energia para aquecer um fluido, por isso se diferencia do painel fotovoltaico que gera diretamente eletricidade. ALDABÒ (2000) explica que o coletor é o principal equipamento do sistema de aquecimento solar, ele é o responsável por absorver e transferir a radiação solar para um fluido sob a forma de energia térmica. Normalmente é utilizado o cobre como material nos dutos do coletor, isso pela durabilidade, resistência à corrosão e alta condutibilidade térmica que o cobre apresenta.

COMMETTA (2000) afirma que a característica fundamental de um coletor é a seletividade do seu revestimento. A superfície deve ter um elevado coeficiente de absorção das radiações emitidas pelo sol em contrapartida deve apresentar um baixo coeficiente de emissão dos raios caloríficos. Sendo assim definida a eficiência ou rendimento de coletor solar, a relação entre a quantidade útil de calor recolhido num dado período e a irradiação total no mesmo período de tempo.

Segundo dados da ANEEL esse modo de captação da energia solar é utilizado principalmente para aquecimento de água, a temperaturas relativamente baixas, geralmente inferiores a 100°C. Apesar do uso predominante dessa energia se encontrar no setor residencial, existe uma demanda relevante e aplicações em outros setores, tais como, hospitais, restaurante, hotéis, edifícios públicos e comerciais. Nesse sistema o coletor é instalado geralmente no teto das residências ou edificações, normalmente em uma casa com 3 ou 4 moradores, para suprir a necessidade de água quente seriam necessários em torno de 4m<sup>2</sup> de coletor.

FIGURA 3 - SISTEMA SOLAR DE AQUECIMENTO DE ÀGUA



FONTE: ANEEL 2002

O concentrador solar é outro método para utilização da energia solar por aproveitamento térmico. Esse processo ocorre por meio de concentradores solares que tem a função de captar a energia solar incidente numa área relativamente grande, de modo a concentrá-la numa área muito menor, fazendo com que a temperatura desta última aumente significativamente. A superfície refletora dos concentradores pode ter formas parabólicas ou esféricas. Essas superfícies refletem os raios solares para a superfície menor, chamada de foco, que contém o material a ser aquecido. Uma das principais vantagens dessa tecnologia, reside no fato dela ser similar à utilizada em usinas térmicas convencionais, substituindo o combustível fóssil por energia solar concentrada, tornando-se uma alternativa com boa relação custo-benefício, visto que a integração e adaptação com os sistemas convencionais são muito fáceis (ALDABÓ, 2002).

FIGURA 4 - SISTEMA TÉRMICO DE GERAÇÃO SOLAR DE ENERGIA ELÉTRICA (CALIFÓRNIA - EUA)



FONTE : ANEEL 2002

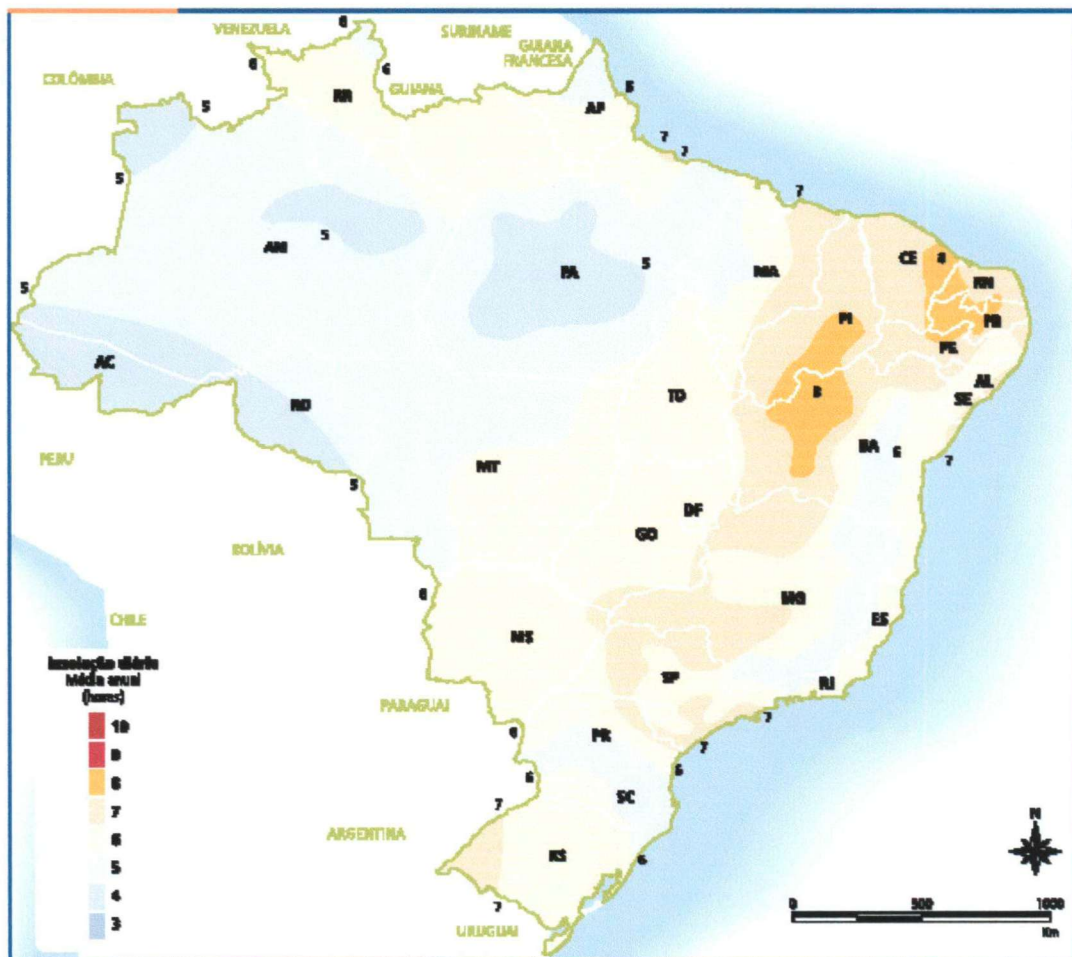
### 3.3 POTENCIAL BRASILEIRO PARA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR E FATORES LIMITANTES

A radiação solar que incide sobre a terra depende tanto das condições atmosféricas como a nebulosidade, a umidade relativa do ar, como também da latitude local e da disposição no tempo, ou seja, depende do dia e da hora no ano. Grande parte do território brasileiro se localiza relativamente próximo à linha do Equador, apresentando poucas variações na duração solar do dia, mas a maior parte da população brasileira e das atividades sócio-econômicas estão situadas em regiões mais afastadas do Equador, fato que resulta numa maior variação na duração do dia solar. Porto Alegre, por exemplo, que é a capital brasileira mais meridional, pode ter uma variação do dia solar de 10 horas e 13 minutos até 13 horas e 47 minutos no período de junho a dezembro. O conhecimento desses dados permite maximizar o aproveitamento da luz solar, ajustando a posição do coletor ou painel solar, de acordo com a latitude local e o período do ano. Apesar de somente uma parte da radiação solar chegar até a superfície terrestre, ainda assim a energia solar que consegue chegar representa aproximadamente 10 mil vezes o consumo global de

energia. O mapa abaixo mostra a média anual de insolação diária no Brasil (ANEEL, 2002).

COMETTA (2000) enfatiza as vantagens geográficas do Brasil em termos de radiação solar citando que na Europa onde a média de insolação solar fica abaixo de 2.400 horas/ano, frente às novas tecnologias da aplicação da radiação solar, o sol já é chamado de 'a hulha de ouro'. O Brasil com radiação superior a 2.500 horas/ ano, a conversão tanto do calor como da luz em energia, surgem com condições superiores às condições européias.

MAPA 1 – MÉDIA ANUAL DE INSOLAÇÃO DIÁRIA NO BRASIL (HORAS)



FONTE: ANEEL, 2002

Ressalta-se que mesmo as regiões com menores índices de radiação apresentam elevado potencial de aproveitamento de energia. Um potencial enorme, ainda explorado de maneira quase insignificante no país.

A Amazônia apresenta uma insolação diária média anual baixa pois o cálculo de insolação é feito à nível de solo e nessa região quase todo processo de radiação solar ocorrer no topo cerca de 25 a 30m acima do solo, devido a sua densa área de florestas.

GELLER (2003) salienta que existem algumas barreiras que limitam a introdução e implementação de tecnologias de energias renováveis, barreiras essas que inibem um futuro energético sustentável. As principais são:

- limitada infra-estrutura de fornecimento: tecnologias de energia renováveis de pequena escalam como aquecimento solar e sistemas fotovoltaicos, podem estar indisponíveis prontamente, principalmente em áreas rurais onde seriam economicamente mais viáveis. Também a demanda por essa energia, pode ser baixa e difusa o que não justificaria a produção local, importação ou comercialização. Outro ponto importante reside no fato dessas tecnologias serem caras se comparadas às fontes convencionais produzidas localmente;
- problema de qualidade: algumas tecnologias renováveis como a fotovoltaica e a bioenergia, necessitam de padronização e controle de qualidade. Tornando-se um sério problema a baixa capacidade de instalação, manutenção e reparo dos sistemas fotovoltaicos rurais;
- informação e treinamento insuficientes: os consumidores podem desconhecer as opções de energia renováveis e seus méritos econômicos. Quanto aos investidores, esses carecem de dados precisos sobre os recursos a serem aproveitados. Também a falta de informação sobre

potenciais consumidores pode ser problemática para empresas que procuram vender tecnologias mais recentes como a fotovoltaica;

- falta de fundos ou de financiamento: dado o tempo que as energias renováveis levam para dar retorno, é essencial um financiamento a longo prazo e com taxas de juros reduzidas. Existe uma hesitação por parte dos financiadores tradicionais (Bancos de Desenvolvimento e privados), na hora de conceder crédito, devido ao tamanho reduzido do projeto e a falta de familiaridade com as tecnologias;
- barreiras de preços e tarifárias: as fontes de energia sofrem desvantagens caso o preço das fontes convencionais sejam subsidiados ou estruturados sem base nos custos reais. As políticas tarifárias desencorajam a adoção de tecnologias renováveis intensivas em capital;
- barreiras regulatórias e barreiras percebidas pelas concessionárias: concessionárias podem impedir o desenvolvimento de energias renováveis ao adotar exigências onerosas de interconexão, principalmente de projetos de pequena escala que não dispõem de tempo e dinheiro para negociar; e
- obstáculos políticos: muitos governos preferem fontes tradicionais de energia devido à tradição, tamanho, familiaridade, força econômica e influência política das indústrias de energia convencionais. Para países em desenvolvimento, instituições como o Banco Mundial e bancos de desenvolvimento resistem em conceder empréstimos para projetos de energia renováveis, fato devido ao tamanho reduzido do projeto, ao risco e a complexidade, entre outros fatores.

Outro ponto não citado pelo autor, mas que também caracteriza um obstáculo ao aproveitamento da energia solar em países subdesenvolvidos como o Brasil é o fato de haver a necessidade de importar tecnologia e equipamentos para aproveitamento de energia solar, o que eleva ainda mais os custos.

Existem no Brasil atualmente vários projetos visando o aproveitamento da energia solar, principalmente por meio de sistemas fotovoltaicos que geram eletricidade, com o intuito de atender fundamentalmente comunidades isoladas de redes elétricas, bem como para o desenvolvimento regional de algumas localidades. De acordo com os dados da ANEEL (2002), esses projetos, alguns em operação e outros ainda sem operar, recebem ajuda técnica e financeira de instituições nacionais (MME, Eletrobrás/CEPEL, diversas universidades, entre outros) e de organizações internacionais, principalmente da Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ) e do Laboratório de Energia Renovável dos Estados Unidos (National Renewable Energy Laboratory).

Alguns projetos nacionais de aproveitamento de energia solar para aquecimento de água e para geração de energia fotovoltaica merecem destaque. No que tange ao aquecimento de água através de coletores solares é válido destacar que no Brasil são gastos anualmente bilhões de kWh de energia elétrica<sup>10</sup>, isso apenas com aquecimento de água para banho. Essa demanda poderia ser tranquilamente suprida com energia solar, apresentando ainda enormes vantagens ambientais e socioeconômicas. Além do mais existe uma sobrecarga do sistema elétrico em determinados horários específicos.

Esse fato é reforçado por PEREIRA et al.(2004) que sublinham que geralmente os banhos são tomados entre as 18 e 21 horas, horário de maior utilização do sistema elétrico, considerado horário de pico. Isso confere ao setor residencial o posto de segundo maior consumidor de energia elétrica do país, com 24% do total de energia elétrica consumida, e esse percentual salta para 34% em horários de picos. Cerca de 97% das residências brasileiras tem chuveiro elétrico, que é um dos principais responsáveis pelo pico de consumo existente no setor residencial. O aquecimento solar de água destaca-se como uma das alternativas para redução da

---

<sup>10</sup>

demanda no horário de ponta, devido ao seu potencial na substituição da energia elétrica como fonte de aquecimento de água.

Contudo, o aproveitamento de radiação solar para aquecimento de água no país, ainda é insignificante diante do potencial apresentado. Já existem vários empreendimentos comerciais e residenciais que fazem uso dessa tecnologia, como por exemplo 950 edifícios em Belo Horizonte e aproximadamente 130 hotéis e pousadas em Porto Seguro. A implantação de sistemas solares para aquecimento de água também tem crescido em conjuntos habitacionais, casas populares e projetos como o da Ilha do Mel no Paraná (ABRAVA, 2001).

Um passo significativo no aproveitamento da energia solar foi dado pela Companhia de Energia Elétrica de Minas Gerais (CEMIG), que há três anos coordena junto com a Aneel um projeto de instalação de cerca de 100 sistemas de aquecimento solar par edifícios, hotéis, hospitais e vestiários da capital Belo horizonte, perfazendo com aproximadamente 8.000m<sup>2</sup> de coletores solares com capacidade para aquecer 800 mil litros de água diariamente. Esse proto apresentou vantagens para os construtores já que a CEMIG fornece uma ajuda financeira na compra dos sistemas de aquecimento e também oferece consultoria técnica. Para o usuário o aumento do conforto e a economia de energia elétrica também se apresentam como ótimos ganhos, já que a CEMIG oferece desconto de 30% no custo da energia elétrica do sistema complementar do aquecimento solar. Para a CEMIG a vantagem reside no fato de que isso gera um alívio no sistema de geração e distribuição de energia.

Os sistemas fotovoltaicos estão voltados mais para suprimento de comunidades rurais ou isoladas no país. Existem atualmente no Brasil vários pequenos projetos que atuam basicamente com cinco tipos de sistemas (CRESESB, 2000):

- Bombeamento de água, para abastecimento doméstico, irrigação e piscicultura;
- Iluminação pública;

- Sistemas de uso coletivo, tais como eletrificação de escolas, postos de saúde;
- Centros comunitários;
- Atendimento domiciliar.

A tabela 9 resume a utilização desse tipo de sistema para bombeamento de água em comunidades da região do Pontal de Paranapanema em São Paulo, um benefício para aproximadamente 440 famílias.

TABELA 8 - SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA EM REGIÕES DO PONTAL DO PARANAPANEMA EM SÃO PAULO

Comunidade	Município	Altura Man.(m)	Reservatório (l)	Potência (Wp)
Santa Cruz I	Mte. do Paranapan.	86	7.500	1.470
Santa Cruz II	Mte. do Paranapan	95	7.500	1.470
Santana I	Mte. do Paranapan	-	7.500	2.241
Santana II	Mte. do Paranapan	74	27.500	2.490
Santa Rosa II	Mte. do Paranapan	92	7.500	1.890
Santa Isabel	Mte. do Paranapan	92	7.500	2.988
Palu	Pres. Bernardes	67	7.500	1.280
Santa Mana	Pres. Venceslau	80	7.500	-
Santa Rita	Tupi Paulista	50	7.500	-
Yapinary	Ribeirão dos Índios	85	7.500	1.494
Yapinary	Ribeirão dos Índios	68	7.500	1.494
Maturi	Caiuã	74	27.500	-
Primavera I	Pres. Venceslau	74	7.500	1.743

FONTE: ANEEL, 2002

O Brasil, apesar de ser um dos países mais ricos em incidência solar, apresenta ainda uma geração baixa de energia solar. Alguns municípios do Nordeste, como Petrolina (PE), Floriano (PI) e Bom Jesus da Lapa (BA), recebem uma intensidade de luz solar que pode ser comparada à constatada em Dangola, no Sudão, que é o local em que sol incide com maior potência no mundo.

BERMANN (2002), reforça o enorme potencial do Brasil na geração de energia solar, relatando que na região nordeste a insolação média anual é da ordem de 5.0 kWh/m<sup>2</sup>, apresentando lugares excepcionais para implantação de sistemas fotovoltaicos, como por exemplo o Vale do Rio São Francisco, entretanto, os atuais programas do governo, entre os quais está o Programa para o Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM) tem se mostrado muito incipientes.

O artigo de GALDINO e LIMA (2002), coordenadores do Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (CEPEL), relata que o PRODEEM, foi estabelecido em 1994 pelo Governo Federal brasileiro, através de um Decreto presidencial de dezembro de 1994, objetivando levar energia às comunidades rurais de baixa renda, que se encontram a grandes distâncias da rede elétrica convencional. Nessas localidades afastadas é muito alto o custo da transmissão/ distribuição de energia devido a fatores como distâncias e elementos geográficos, tais como rios e a vegetação. Levando em conta, além dessas dificuldades, que o consumo de energia dessas comunidades é baixo, o procedimento para levar energia convencional torna-se economicamente inviável. Portanto, o programa tem como base principal a utilização de sistemas fotovoltaicos. Já foram realizadas desde 1996 pelo CEPEL e pelo MME seis licitações internacionais, para compra de equipamentos necessários. A parte técnica do programa, como por exemplo, as especificações dos equipamentos para licitações, avaliações dos projetos, treinamento do pessoal, estabelecimento dos padrões de instalação, verificação e inspeção de instalações, análise de falhas e desempenho, etc., ficou sob a responsabilidade do CEPEL, uma subsidiária da Eletrobrás, situada no Rio de Janeiro.

O PRODEEM conta também com um 'agente regional' em cada estado, ou seja, em geral funcionário público auxiliado por uma equipe, que fica responsável pela identificação e levantamento das necessidades das comunidades, bem como pela apresentação de propostas de projetos ao MME, que vai liberar os sistemas

fotovoltaicos obedecendo à ordem de chegada das solicitações e de acordo com os equipamentos disponíveis.

Dados da ANEEL (2002), mostram que o PRODEEM está estruturado em cinco fases (I, II, III, IV e V), além de uma fase especial chamada de bombeamento. Emprega três tipos de sistemas fotovoltaicos autônomos: sistemas fotovoltaicos de geração elétrica; sistemas fotovoltaicos de bombeamento d'água e sistemas fotovoltaicos de iluminação pública. O programa já contava em 2001 com mais de 8700 sistemas, compreendendo cerca de 5.2 MWp de potência totais, espalhados principalmente pelas regiões Norte (Amazônia) e Nordeste (semi-árido). A tabela 9 mostra de que forma foram distribuídos as quantidades de sistemas e o total de potência em módulos fotovoltaicos, nas diferentes fases até 2002.

TABELA 9 - DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, INSTALADOS PELO PRODEEM ATÉ 2002

Região	UF	Atendimento até 2001 Sistemas	U\$\$ 1 mil	Atendimento em 2002 Sistemas	U\$\$ 1 mil	Atendimento até 2002 Sistemas (Total)	U\$\$ 1 mil (total)
N	AC	156	577,20	96	450,66	252	1027,85
	AM	81	299,70	125	586,79	206	886,49
	AP	99	366,3	8	37,55	107	403,85
	PA	211	780,7	224	1051,53	435	1832,23
	RO	238	880,6	35	164,3	273	1044,9
	RR	6	22,2	23	107,97	29	130,17
	TO	127	469,9	42	197,16	169	667,06
	<b>TOTAL</b>	<b>918</b>	<b>3396,6</b>	<b>553</b>	<b>2595,97</b>	<b>1471</b>	<b>5992,57</b>
NE	AL	249	921,3	164	924,85	413	1846,15
	BA	685	2534,5	587	3310,27	1272	5844,77
	CE	476	1761,2	257	1449,3	733	3210,5
	MA	339	1254,3	582	2700,0	921	3954,3
	PB	166	614,2	71	400,39	237	1014,59
	PE	197	728,9	58	327,08	255	1055,98
	PI	122	451,4	302	1703,07	424	2154,47
	RN	204	754,8	46	259,41	250	1014,21
SE	28	103,6	44	248,13	72	351,73	
<b>TOTAL</b>	<b>2466</b>	<b>9124,2</b>	<b>2111</b>	<b>11322,5</b>	<b>4577</b>	<b>20446,7</b>	
SE	ES	48	177,6	2	11,28	50	188,88
	MG	244	902,8	288	1624,12	532	2526,92
	RJ	68	251,6	0	0	68	251,6
	SP	105	388,5	0	0	105	388,5
<b>TOTAL</b>	<b>465</b>	<b>1720,5</b>	<b>290</b>	<b>1635,4</b>	<b>755</b>	<b>3355,9</b>	
S	PR	5	18,5	0	0	5	18,5
	RS	97	358,9	0	0	97	358,9
	SC	77	284,9	0	0	77	284,9
<b>TOTAL</b>	<b>179</b>	<b>662,3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>179</b>	<b>662,3</b>	
CO	GO	120	444,00	33	186,1	153	630,1
	MS	348	1287,6	0	0	348	1287,6
	MT	96	355,2	13	61,03	109	416,23
<b>TOTAL</b>	<b>564</b>	<b>2086,8</b>	<b>46</b>	<b>247,12</b>	<b>610</b>	<b>2333,92</b>	
<b>BRASIL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>4592</b>	<b>16990,4</b>	<b>3000</b>	<b>15801,00</b>	<b>7592</b>	<b>32791,4</b>

FONTE: ANEEL, 2002

A tabela 10 mostra que o maior número de sistemas está instalado nas regiões norte e nordeste, onde existem mais regiões isoladas e também as mais carentes de investimentos. O Sul é região que se apresenta com menos sistemas fotovoltaicos instalados, já que esta região apresenta um menor número de pessoas sem acesso à eletricidade.

### 3.4 UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR: ASPECTOS ECONÔMICOS E POTENCIALIDADES DO MERCADO

As células fotovoltaicas, até 1970, eram usadas unicamente nos programas espaciais americanos. Com os avanços tecnológicos as células fotovoltaicas, gradativamente, atingiram maturidade. Isso vem gerando uma queda constante nos preços dos equipamentos, permitindo que se desenvolva um mercado efetivo em diversos países industrializados e em desenvolvimento. Impactos significativos serão gerados no crescimento de mercado para esta tecnologia, bem como descoberta de novas aplicações, diante de reduções adicionais de preços dos módulos e dos equipamentos requeridos. Outro ponto importante na redução dos preços de transmissão e distribuição está no fato de os sistemas das células fotovoltaicas serem modulares, facilitando sua instalação próxima aos usuários, além de tornar prático o transporte e reinstalação em outros locais caso seja necessário (REIS, 2000).

O crescimento do mercado de energia solar, no Brasil, vem recebendo algumas contribuições. Além da divulgação dos benefícios do uso desse tipo de energia, existe por parte do governo federal a concessão de isenção de impostos para o setor e financiamentos aos interessados em implantar o sistema. Com isso o setor já conta com cerca de 140 fabricantes que produziram, em 2002, cerca de 310.000m<sup>2</sup> de coletores solares, com uma taxa média de crescimento anual acima de 50% em 2001, de acordo com dados da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA, 2002).

A geração de energia solar ganhou novo ânimo, segundo OLIVEIRA (2003), com o programa de universalização da energia elétrica, desenvolvido pelo MME, e regulamentado pela ANEEL em 2003. As empresas que fabricam os painéis fotovoltaicos tinham expectativas de atender cerca de 10 milhões de famílias brasileiras que não tem acesso à energia elétrica. A participação desse tipo de energia na matriz energética não ultrapassa ainda modestos 10 MW, com um alto custo de instalação de

US\$8 mil por Kw, entretanto, a tendência é que esse valor caia em função do crescimento do mercado, a meta é que seja alcançado um índice de crescimento de 25% ao ano.

A Shell estimou um potencial de negócios em 2003 na ordem de 60 milhões de reais com a venda de painéis fotovoltaicos no país. A empresa que atua no mercado brasileiro de energias renováveis desde outubro de 2002, adquiriu a divisão solar da alemã Siemens, movimentando em termos globais 200 milhões de dólares nesse segmento, com previsão de aumento para 1 bilhão de dólares até 2005.

OLIVEIRA (2003) afirma também que o diretor da Heliodinâmica considera o programa de universalização e os projetos de cunho social para abastecimento de energia elétrica, como as principais alavancas para o setor de energia solar. A Heliodinâmica que produzia em 2003 cerca de 2,5 mil painéis fotovoltaicos por mês, um volume que representava pouco mais de 10 % da capacidade da empresa, espera aumentar sua fatia no mercado e disputar com as gigantes mundiais como a Shell.

PEREIRA et al. (2004) reforçam a expectativa de crescimento do mercado de energia solar. A evolução do consumo de eletricidade no setor residencial, torna evidente a crescente demanda por esse tipo de energia, com crescimento médio de 6% ao ano, (exceto em 2001, devido ao racionamento). Portanto o aquecimento solar de água torna-se destaque como uma das alternativas mais promissoras em substituição à energia elétrica convencional no aquecimento de água, tanto no que respeita a preservação ambiental, quanto no que tange a necessidade de reduzir a dependência de energias convencionais. Sendo assim, o potencial brasileiro de conservação de energia para aquecimento de água é relevante, indicando os aquecedores solares como alternativa altamente viável e competitiva. Em 2004 o Brasil possuía uma área instalada de 2 milhões de m<sup>2</sup> de coletores solares e um mercado que vem se expandindo cerca de 200mil m<sup>2</sup> de coletores anualmente.

Contudo, os dados do Departamento Nacional de Aquecimento Solar (Dasol), mostram que mesmo diante do significativo crescimento que o setor vem apresentando

nos últimos anos e das condições favoráveis que o país oferece, o Brasil ainda ocupa posição ínfima no mercado internacional.

Segundo a ABRAVA (2002), alguns fatores como a divulgação dos benefícios do uso da energia solar, a isenção de impostos obtidos pelo setor, o financiamento da Caixa Econômica Federal a quem tiver interesse na implantação do sistema e o racionamento e incertezas no fornecimento de energia elétrica, foram fundamentais para o crescimento do mercado. A credibilidade e eficiência dessa tecnologia também têm sido asseguradas pelo controle do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portanto, a visível tendência no decorrer dos anos é a queda dos custos em função da escala de produção, dos avanços tecnológicos, do aumento da concorrência e dos incentivos governamentais.

Para JANUZZI (2004) pontos fundamentais que conduzirão o país para o crescimento e amadurecimento desse setor é a Pesquisa e o Desenvolvimento. Segundo este autor, o país, pela primeira vez começa a dispor de recursos substanciais para inversões em atividades de P&D em energia, contando com a própria indústria de energia. Paralelamente existe a promoção de iniciativas para criação de um mercado de algumas fontes renováveis através do PROINFA<sup>11</sup>.

FRAIDENRAICH, (2002) sublinha que o Brasil possui um mercado de coletores solares térmicos muito pujante, sendo que atualmente os coletores já contribuem com cerca de 10% do consumo residencial de energia térmica, com capacidade de chegar a 22% nas próximas décadas, percentual que pode ser superado caso haja novo racionamento de energia como ocorreu em 2001, período em que as vendas atingiram um recorde de 600.000 m<sup>2</sup>. A expectativa é que a tecnologia se espalhe por todo o território nacional, a fim de consolidar futuramente o mercado nacional. Também a conversão Heliotermoeletrica, que utiliza concentradores

---

<sup>11</sup> PROINFA é o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, do Ministério de Minas e Energia.

cilíndricos parabólicos, apresenta atualmente, um ótimo potencial técnico-econômico. Uma interessante aplicação dessa tecnologia seria o abastecimento de energia para agricultura irrigada, ao longo do Vale do Rio São Francisco, região onde são registrados os maiores índices de insolação do país. As estimativas apontam para uma demanda potencial de 500MW , que poderia ser instalado nas próximas décadas.

### 3.5 BREVES CONSIDERAÇÕES

Atualmente varias tecnologias vem se desenvolvidas e empregadas de forma significativa para o aproveitamento da energia solar. Alguns países, que contam com grande apoio governamental e disponibilidade de tecnologia, encontra-se em posições vantajosas na exploração da energia solar. O Brasil apesar de apresentar condições geográficas extremamente favoráveis, ainda não faz uso de maneira relevante da energia abundante que vem do sol.

## 5. CONCLUSÃO

O tema energia é indubitavelmente de grande prioridade para o futuro da humanidade. Embora se tenha atingido um patamar significativo na conscientização de que nossa existência futura depende de nossas atitudes presentes, ainda estão em jogo os interesses egoístas e individualistas de nações poderosas sobre as nações mais fracas, das elites sobre a população mais pobre, o que leva a questionamentos quanto os reais caminhos que o setor energético tende a seguir. O mundo todo ainda é extremamente dependente dos combustíveis fósseis como o petróleo para geração de energia.

Embora energia solar se apresente como fonte potencialmente elevada para suprir a demanda energética de todo o país com tranquilidade, ainda são ínfimos os investimentos e desenvolvimentos no setor. De acordo com os dados quantitativos e a exemplo dos países desenvolvidos, a energia solar pode trazer inúmeros benefícios na geração de eletricidade, além de não agredir de forma devastadora o meio ambiente como as energias convencionais.

A energia solar no Brasil ainda está “engatinhando”, mas o potencial que o país apresenta geográfica e economicamente é muito favorável. As tendências têm comprovado que os custos desse tipo de energia tendem a cair significativamente diante de uma produção de energia em larga escala, bem como com a disseminação das tecnologias envolvidas. O futuro da energia solar no Brasil acena para um futuro economicamente e ecologicamente promissor, mas é visto que se deixado ao sabor das forças do mercado, dificilmente o setor energético brasileiro evoluirá para o sentido desejado, ficando claro, que o governo tem importância fundamental na implantação de projetos, no apoio a pesquisas e desenvolvimento e na concessão de subsídios e incentivos à utilização da energia solar no país.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL) **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002.

ALDABÓ, R. **Energia Solar**. São Paulo: Artliber, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO (ABRAVA). Disponível em: <<http://portalabrava.com.br>> Acesso 25 setembro 2005.

BEEL, J. F. **História do Pensamento Econômico**. Rio de Janeiro: Zahar, 1961, p.178-180.

BERMANN, C. **Energia no Brasil: Para que? Para quem?** Rio de Janeiro: Livraria da Física, 2002.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO SALVO BRITO (CRESESB). **Perguntas Frequentes**. Disponível em <[www.cresesb.cepel.br/faq.htm](http://www.cresesb.cepel.br/faq.htm)> Acesso em 23 junho 2005.

COMETTA, E. **Energia Solar: utilização e empregos práticos**. São Paulo: Hemus, 2000.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE (CMMDA) **Nosso Futuro Comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

FRAINDEIRAICH, N. **Tecnologia Solar no Brasil: os próximos 20 anos**. Biblioteca Digital da Unicamp, 2002. Disponível em <<http://libdig.unicamp.br/document/?code=13>> Acesso em 23 setembro 2005.

GALDINO, M. A ; LIMA, J. H. G. **O programa Nacional de Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar Fotovoltaica**. Rio de Janeiro: Cepel, 2002. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/publicações/coletaneal/coletaneal.htm>> Acesso em 12 de setembro 2005.

GELLER, H. S. **Revolução Energética: Políticas para um futuro sustentável**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.

GIANSANTI, R. **O desafio do Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo : 5. ed. Atual, 1998, 10 p.

GOLDEMBERG,, J. **Artigo-Base sobre energia**. In: Aspásia Camargo; João Paulo Ribeiro Capobianco; José Antonio Puppim de Oliveira. (Org.). Meio Ambiente Brasil avanços e obstáculos pós-Rio-92. São Paulo, 2002, v. , p. 306-315.

GOLDEMBERG, J. **O Futuro Energético Desejado para o Brasil**. Boletim Eletrônico da Biblioteca Virtual de Engenharia de Petróleo. Rio de Janeiro: ano I , nº 4, set. 2005. Disponível em <<http://www.dep.fem.unicamp.br/boletim/boletim04>> acesso em 23 junho 2005.

GOLDEMBERG, J. ; VILLANUEVA, L.D. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 2. ed. São Paulo: Edusp , 2000.

JANUZZI, G.M. ; SWISHER, J. N. P. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: Meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis**. São Paulo: Autores Associados, 1997.

JUBILONI, M. **Aumenta o Consumo de Energias não Renováveis no Brasil**. Revista Exame, 04 nov. 2004. Disponível em: <<http://portalexame.abril.com.br/economia/conteúdo>> Acesso em 16 junho 2005.

KEMPF, H. **Do Artesanato para a tecnologia de Ponta**. Revista de Ecologia do Século 21. Rio de Janeiro: Tricontinental, ano XIV, julho 2004, 12 p.

MAGNOLI, D. **O protocolo de Kyoto e a terceira etapa da “ecodiplomacia”**. Revista Pangea, 2001. Disponível em: <<http://clubemundo.com.br/revistapangea/default.asp>> Acesso em 10 set. 2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME) - **Balanco energético Nacional**. Brasília: MME, 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balanco Energético Nacional**. Brasília: MME, 1999.

MORAES, G. I. **Energia e Sustentabilidade no Paraná: Cenários e Perspectivas 2007-2023**. Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná. P. 2 – 45.

MOURÃO, R. R. de F. **O sol não manda a conta**. Revista Eco 21, Ano XIII, Edição 80, Julho 2003. Disponível em <<http://www.eco21.com.br>> Acesso em 02/12/2005.

NOBRE, M.; AMAZONAS, M. **Desenvolvimento Sustentável: A institucionalização de um conceito.** Brasília: Ibama, 2002, p. 5-130.

OLIVEIRA, R. **Geração Solar Ganha Impulso no Brasil.** Gazeta Mercantil. São Paulo: nº 71350, 06 maio 2003, 11 p.

PEREIRA, J. T. **Coletores Solares Alternativos: Tecnologia de baixo custo que contribui para a redução do consumo de energia elétrica** In IV CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. Minas Gerais: Universidade Federal de Itajubá, 2004.

REIS, L.B. **Energia para o Desenvolvimento Sustentável.** São Paulo: Edusp, 2000.

RODRIGUES, S. G. **Quem nunca brincou com uma lente virada para o sol?** Revista Eletrônica de Ciências, nº 8, junho 2002. Disponível em <[http://www.cdcc.sc.usp.br/ciências/artigos/art\\_08/energiasolar.html](http://www.cdcc.sc.usp.br/ciências/artigos/art_08/energiasolar.html)> Acesso em 16 junho 2005.

ROSA, S. E. S.; GOMES, G. L. **O Pico de Hubbert e o Futuro da Produção Mundial de Petróleo.** Revista do BNDES. Rio de Janeiro, v. 11, nº 22, dez. 2004, p. 21-49.

SCHEER, H. **Economia Solar Global: Estratégias para a modernidade ecológica.** Rio de Janeiro: Cresesb- Cepel, 2002.