

**ANDRÉ LUIZ CARDOZO DE PAULA**

**CONSIDERAÇÕES SOBRE O POTENCIAL DA ENERGIA SOLAR NO SISTEMA  
ELÉTRICO BRASILEIRO**

**Monografia apresentada como  
requisito a conclusão do curso de  
Ciências Econômicas, Setor de  
Ciências Sociais Aplicadas, da  
Universidade Federal do Paraná.**

**Orientador: Prof<sup>o</sup> Luiz Antônio Lopes.**

**CURITIBA  
2004**

## TERMO DE APROVAÇÃO

ANDRÉ LUIZ CARDOZO DE PAULA

### CONSIDERAÇÕES SOBRE O POTENCIAL DA ENERGIA SOLAR NO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO


Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção da graduação no curso de Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:



---

Prof. Luiz Antonio Lopes.  
Departamento de Economia, UFPR.



---

Prof. Cássio Frederico Camargo Rolim.  
Departamento de Economia, UFPR.



---

Prof. Mariano de Matos Macedo.  
Departamento de Economia, UFPR.

Curitiba, 19 de fevereiro de 2004.

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b>	<b>ii</b>
<b>GRÁFICOS</b>	<b>iii</b>
<b>TABELAS</b>	<b>iv</b>
<b>FIGURAS</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO</b>	<b>vi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. A EVOLUÇÃO DA ENERGIA E DOS CONVERSORES ENERGÉTICOS</b>	<b>3</b>
<b>3. PERFIL ENERGÉTICO BRASILEIRO</b>	<b>14</b>
<b>3.1. FONTES NÃO-RENOVÁVEIS</b>	<b>24</b>
3.1.1. O Petróleo	24
3.1.2. Gás Natural	28
3.1.3. Xisto	30
3.1.4 Carvão	30
<b>3.2. FONTES RENOVÁVEIS</b>	<b>31</b>
3.2.1. Energia Solar	32
3.2.2. Energia Eólica	32
3.2.3. Biomassa	35
3.2.3.1. Álcool Etílico	35
3.2.3.2. Biogás	37
3.2.3.3. Carvão Vegetal	40
3.2.4. Energia Hídrica	40
3.2.5. Energia do Hidrogênio	42
<b>4. ENERGIA SOLAR</b>	<b>44</b>
<b>4.1. CONVERSORES SOLARES</b>	<b>47</b>
<b>4.2. ENERGIA SOLAR NOS CHUVEIROS ELÉTRICOS BRASILEIROS</b>	<b>50</b>
<b>4.3. ESTUDO DE CASO – COLETORES SOLAR DA PETROBRÁS EM MINAS</b>	<b>55</b>
<b>GERAIS</b>	<b>55</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>57</b>

## GRÁFICOS

GRÁFICO I: CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA	15
GRÁFICO II: CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA	22
GRÁFICO III: MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	23
GRÁFICO IV: RESERVAS DE PETRÓLEO BRASILEIRA	28
GRÁFICO V: RESERVAS DE GÁS NATURAL BRASILEIRA	29
GRÁFICO VI: CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL	51

## TABELAS

TABELA I: EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA NO BRASIL	17
TABELA II: DERIVADOS DO PETRÓLEO POR BARRIL	27
TABELA III: RELAÇÃO DE COLETORES POR HABITANTES	53

## FIGURAS

FIGURA I: SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

49

## RESUMO

A energia solar é a mais antiga das fontes de energia explorada no planeta. Com o passar dos tempos as fontes de energia e a forma como o homem foi explorando as diferentes fontes energéticas que posteriormente iam surgindo, dependia de desenvolver novas técnicas ou novos conversores energéticos. A sociedade rural sempre teve como fonte energética para o trabalho a força animal e humana, havendo no trabalho rural incrementos na forma de melhor poder explorar a força animal para aumentar a produtividade no campo. A energia urbana passou a ser mais explorada após a invenção da máquina a vapor, que pode substituir a forma de vários homens para obter a mesma capacidade produtiva. Esta máquina começou a explorar fontes energéticas como a lenha e posteriormente o carvão, porém foi a máquina a vapor que deu início a evolução de outros conversores energéticos. O mundo e o Brasil ao passar dos tempos, caminharam para o consumo de fontes energéticas fósseis como o petróleo, pois é uma fonte de alto poder calórico e é fonte de outros combustíveis energéticos. O consumo de energia sempre cresceu ao longo dos tempos levando as sociedades mundiais a discutir sobre a escassez das fontes não-renováveis. A saída deste sistema baseado na energia não-renovável está nas energias renováveis, e no caso do Brasil a energia solar poderia suprir a demanda por energia elétrica no horário das 18 às 20 horas, sem a necessidade se utilizar o potencial hídrico e nem a queima de nenhum derivado do petróleo para gerar energia elétrica. Para as famílias o retorno do investimento na compra e instalação do sistema de aquecimento solar se dará em no máximo três anos, segundo empresas do ramo como a Soletroi. Para as empresas que também utilizarem a energia solar para aquecimento da água para banho em seus vestiários, poderão ter uma boa redução na despesa com energia elétrica dentro das suas unidades.

## 1. INTRODUÇÃO

Os seres humanos vêm sobrevivendo e se desenvolvendo ao passar dos tempos utilizando-se de um insumo produtivo muito importante que é a energia. O Brasil é um país, que não diferente do resto do mundo, depende de uma certa quantidade de energia para poder promover seu desenvolvimento.

O mundo que conhecemos hoje tem como fonte principal de energia os produtos fósseis, em destaque o petróleo, que possibilita derivar dele outros produtos geradores de energia. Entretanto este insumo não se encontra disperso pelo mundo nem tão pouco se apresenta em constantes reabastecimentos de suas reservas, o que limita as possibilidades de se contar com este combustível em um futuro não muito distante. Assim o problema que o mundo encontra é que o sistema energético mundial está baseado em fontes energéticas que não são renováveis.

A mais importante das energias consumidas pela sociedade mundial atual é a energia elétrica. Esta energia possui, para a facilidade do homem, várias formas de ser gerada, podendo ter como origem as termoelétricas que são alimentadas por combustíveis que queimam, por termonucleares que se utilizam de urânio e as hidroelétricas entre outras.

Cada forma de geração de energia elétrica tem sua limitação promovida pela possibilidade de renovação de suas fontes. No Brasil o sistema elétrico está baseado no potencial hídrico, porém este sistema possui épocas em que as chuvas não são capazes de reabastecer os reservatórios nacionais.

Hoje em dia há que se buscar novas fontes energéticas para suprir o problema da não renovação das fontes energéticas mundiais, e esta saída pode ter seu horizonte nas fontes renováveis.

A energia solar pode e vem ganhando espaço no sistema energético brasileiro no aquecimento de água para banho e piscinas. A aplicação desta energia pode possibilitar ao sistema elétrico uma redução de consumo de energia elétrica, conseqüentemente um alívio para o Brasil nas épocas de estiagem, e um gasto menor na conta de luz de empresas e das famílias.

Este trabalho tem o objetivo de demonstrar a evolução da energia e de seus conversores a partir de relatos históricos, a importância que a energia tem



no processo de ampliação da economia através de dados históricos de planos econômicos que promoveram investimentos e ampliação do setor energético brasileiro e por fim apresentar dados alertando sobre os benefícios que o emprego da energia solar pode dar as empresas, famílias e por consequência ao sistema elétrico nacional.

No item 2 deste trabalho será apresentado relatos históricos ilustrando, primeiramente, como o homem primitivo buscava se sustentar utilizando a sua energia interna. Posteriormente será contado como o homem produzia seu alimento e de sua sociedade utilizando-se da energia animal para produzir. Mais a frente, passaremos a destacar como a ciência promoveu o melhor aproveitamento das fontes energéticas para obter uma maior eficiência em suas atividades, citando como exemplo os moinhos e a máquina a vapor.

No item 3 apresentará as características do consumo das fontes de energia pelo Brasil durante os principais planos econômicos brasileiros, destacando o consumo de energia elétrica que é quase toda gerada pela força hídrica. Serão apresentadas também as principais características das principais fontes energéticas exploradas pelo Brasil. Por fim será destacada a importância em se explorar cada vez mais as fontes energéticas renováveis.

No item 4 serão apresentados os benefícios e o por que de se explorar a energia solar no Brasil, destacando exemplos de empresas que utilizaram esta energia para reduzir seus custos com energia elétrica e o impacto na conta de luz das famílias.

## 2. A EVOLUÇÃO DA ENERGIA E DOS CONVERSORES ENERGÉTICOS.

Toda energia disponível em nosso planeta provém do Sol, com exceção da energia das marés que são provenientes da força e da posição da Lua em relação a Terra, da gravidade que tem origem no movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo e da energia nuclear que esta assentada na força atômica do urânio, segundo Pinguelli.

É essa energia solar que possibilita a vida a todas criaturas do planeta. A cadeia alimentar em que os animais herbívoros se alimentam de plantas e servem de alimentos aos carnívoros, só é possível graças a energia proveniente do Sol.

A real utilização da energia depende de conversores de energia, que transformam a energia de um tipo para o outro. Com base no princípio da termodinâmica, a quantidade de energia transformada depende fundamentalmente da eficiência dos conversores e estes dificilmente possuem 100% de eficiência, devido a perda de energia durante o processo de conversão. Esta perda de energia que impossibilita a obtenção de 100% do conversor de energia é atribuída a perda de energia que ocorre nos conversores durante o processo de conversão. Em quase todos os conversores de energia conhecidos e utilizados até hoje ocorre perda de energia através do atrito ou em forma de perda de calor. No atrito, os conversores podem perder energia através do som e do calor, um exemplo, onde ficam claras estas perdas, é o motor dos automóveis<sup>1</sup>, onde somente 33%<sup>2</sup> da energia gerada na combustão, efetivamente chaga as rodas dos veículos, o resto é perdido com o atrito entre as peças mecânicas do motor e caixa de transmissão e propagação de calor da combustão pelas peças do motor e do atrito mecânico.

Podemos classificar os conversores de energia em dois grandes grupos, os biológicos e os artificiais, onde por biológicos entendamos os naturais como

---

<sup>1</sup> Todos os motores a combustão interna dos automóveis tem como base a utilização do ciclo de Carnot para a determinação do seu funcionamento e de seu rendimento. Carnot foi um dos primeiros cientistas a estudar o ciclo de funcionamento das máquinas a vapor e seu rendimento mecânico por volta de 1824. A partir do ciclo de Carnot, ou como é conhecido pelos cientistas, ciclo ideal, é que foram surgindo os outros ciclos que hoje em dia estão sendo aplicados nos motores a combustão interna, como os ciclos Otto e Diesel.

<sup>2</sup> Dado coletado junto ao INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. ([www.inee.org.br](http://www.inee.org.br)).

as plantas, os animais e o homem, e por artificiais podemos entender os criados pelo homem que transformam a energia bruta em formas utilizáveis, como uma roda d'água e a usina hidrelétrica, que exploram a energia cinética das águas em trabalho mecânico.

A respeito dos conversores biológicos, podemos constatar que foram eles os primeiros a converter energia, no caso solar, para a satisfazer as suas necessidades de vida (fotossíntese). Ao passar dos anos, toda a vida na Terra passou por evoluções, transformações e surgimento de novas espécies de seres vivos. Sendo assim podemos observar que os conversores, no caso biológicos, passaram por processos de inovação ou evolução. Porém até o surgimento do homem, o que nós tínhamos eram tão somente conversores biológicos, mas quando o homem, por motivo de sobrevivência, passou a caçar ele começou a se tornar um conversor de energia também (claro que os animais pré-históricos já tinham essa habilidade). O simples trabalho do homem em gastar energia para atritar a madeira contra outra madeira, transformava a energia mecânica em energia calorífica.

O ser humano é diferente dos animais principalmente por causa da consciência. Por causa dessa consciência foi capaz de dominar fontes de energia como o fogo, que o homem dominará cerca de meio milhão de anos. Com o fogo inicia-se a socialização do homem, que controla uma importante fonte de energia.

O homem começa a dominar os conversores de energia, dando início a trabalhos agrícolas e de criação de animais para serem utilizados em trabalhos mecânicos. Começam também a evoluir os métodos de estoques de alimentos e insumos de produção, fazendo com que o homem deixasse de ser nômade. A partir deste momento, com residência fixa, o homem começa a explorar a utilização de animais no processo de cultivo da agricultura. Desta maneira o homem passava a utilizar a força animal como energia mecânica no arado de terras para cultivo.

Esta primeira parte da evolução dos conversores energéticos estava ligada a pequenas necessidades, ou melhor, era demandada por pequenos grupos sociais. A medida em que os anos foram passando e a sociedade foi evoluindo, novas necessidades foram surgindo e novas formas de se retirar da natureza, energia necessária para satisfazer o bem estar dos seres humanos.

Os conversores de energia, daí em diante, passaram a acompanhar a evolução da sociedade.

Ao longo dos séculos, a população mundial foi crescendo devido as melhorias de vida da população mundial e do melhor aproveitamento do cultivo das terras. Esta expansão populacional forçou um crescimento ou expansão das terras cultivadas na Europa. A medida que esta expansão vai acontecendo, a agricultura vai descobrindo maneiras de aperfeiçoar e intensificar o rendimento dos conversores vegetais e animais. O primeiro animal utilizado pelos agricultores nesta época foi o boi, ele era utilizado para tracionar os arados pelos campos, de forma a facilitar o trabalho humano e aumentar a produtividade do campo. Com tudo e com o cultivo ou criação de outros animais o homem que utilizava o cavalo como veículo de locomoção, percebeu (seja por instinto ou por simples observação) que o cavalo possuía uma força maior que o boi. Deste feito, ele passou a substituir a força bovina pela eqüina na tração do arado para obter uma maior produtividade e resultado no cultivo das plantações.

Nesta época o cavalo tinha seu arreio colocado no pescoço, o que era um incomodo ao animal, pois quando este animal era submetido a grandes esforços de tração este arreio passava a enforçar o animal e prejudicar seu desempenho no campo. A saída encontrada pelos agricultores desta época foi deslocar o arreio do pescoço para o peito do animal, isto possibilitou ao animal que trabalhasse em melhores condições. Ainda na relação entre força bovina e eqüina, os agricultores passaram a atrelar os cavalos em linha, ao contrário dos bois, que eram atrelados lado a lado. Nesta mesma época o homem passou a dominar a técnica de ferrar o casco dos cavalos, o que possibilitava ao animal uma maior tração no trabalho agrícola. Desta forma pode-se perceber que o cavalo possuía uma eficiência maior que o boi. Também foi descoberto que o arado de madeira era menos eficiente em solos mais altos e úmidos do que o arado de ferro. Tais alterações foram marcantes ou nos mostra como são importantes na melhor aplicação dos recursos de produção para melhorar e evoluir o processo de conversão de energia.

“No contexto dos antigos métodos de origem mediterrânea, a relação entre o trabalho produzido pelo cavalo e a superfície de terra que se devia cultivar para alimentá-lo não era superior à do homem. Mas os novos processos modificaram radicalmente a situação: dispunha-se agora, para os trabalhos agrícolas, de um novo conversor superior ao boi e ao próprio homem. As condições de trabalho do solo e, portanto, de seu rendimento, beneficiaram-se, por sua vez, desta revolução no sistema de tração: o antigo arado, um pedaço de madeira puxado por um par de bois, era mal adaptado aos solos, geralmente pesados, da Europa do Norte. Ali, sua utilização era limitada às terras altas, mais leves e menos produtivas que as terras de aluvião. O arado de ferro com aiveca, com sua relha e seus prolongamentos laterais, permitiu um cultivo mais eficaz destes solos, economizando a energia humana e também a animal, principalmente quando foi possível atrelar cavalos em vez de bois; um par de cavalos podia substituir dois pares de bois; dois pares de cavalos, os quatro pares de bois necessários para as terras mais pesadas. Assim, no século XIII, nas terras eslavas a leste da Alemanha, utilizava-se como unidade de medida de superfície a área que podia ser trabalhada em uma jornada por um par de bois ou por um único cavalo: vantagem de 100% para o cavalo.”<sup>3</sup>

Devemos ressaltar que a aplicação prática de tais descobertas ocorreu de forma lenta e de acordo com o crescimento da produção agrícola, que era a maior fonte de evolução dos processos produtivos.

No período onde a agricultura era o setor econômico mais importante, as limitações deste sistema ficavam presas a restrições geográficas. A obtenção de energia ficava limitada somente a extrair do homem e dos animais a força necessária para se trabalhar. Mas como nos mostra o passado, o homem sempre foi e é capaz de superar as limitações a ele imposta pela natureza. E foi da própria natureza que o homem passou a extrair as forças mecânicas necessárias para satisfazer ou superar suas necessidades.

No período onde a agricultura era a principal atividade econômica, seu produto mais antigo era o trigo, e que gerava, depois de um processo de transformação, a farinha. De forma geral, o processo de transformação do trigo em farinha consistia basicamente em moer o trigo seco. Este processo era feito ou tinha como força motriz o trabalho humano, que socava durante horas os grãos de trigo. Para se ver livre deste trabalho o homem, utilizando-se de uma

---

<sup>3</sup> HEMERY, D., DEBIER, J., DELÉAGE, J. Uma História da Energia. Brasília: Edunb, 1993. p 116.

grande roda com pás em uma ponta e um eixo, ele passou a explorar as fontes de energia naturais para facilitar seu trabalho, que foi o moinho d'água.

O moinho d'água possuía uma força muito maior que a do homem, compreende-se ainda melhor a importância dos moinhos no sistema energético medieval se considerar que um deles substitui o trabalho de dez a vinte homens<sup>4</sup>, o que levou a sociedade a aplicar esta força em outras atividades.

Durante um bom período de tempo, os moinhos d'água foram se espalhando por toda a Europa e pelo oriente, pois sem dúvida este era uma grande inovação no processo produtivo. Embora o moinho fosse um grande instrumento para os produtores eles tinham seus contratempos ou obstáculos a serem vencidos, como os locais onde seriam instalados e seus custos de produção.

“Quem financia, quem se apropria, quem controla estes novos conversores? Tudo depende das relações de força no interior dos grupos sociais dominantes e de sua evolução, porque o investimento inicial só pode ser realizado por aqueles que já possuem o moinho propriamente dito – cujo tipo mais comum é acionado por uma roda vertical – não representa senão uma parte da instalação hidráulica e, portanto, do investimento; é necessário também, construir uma represa, um canal de adução, uma base de sustentação, etc. ... No início do século XII, o custo de instalação de um moinho de trigo seria de 10 a 15 libras, que se pode comparar com ao preço do acre de terra agricultável, 1 libra a 1,5 libras.”<sup>5</sup>

Devido a estes e outros obstáculos impostos ao homem, os moinhos passaram por uma transformação. Seu sistema propulsor não mais seria a água dos rios, mas sim um outro recurso natural que sempre esteve presente em nossa sociedade, porém nunca tinha sido vista como fonte de energia, que era o vento. Os moinhos de vento, ao contrário dos moinhos d'água, apresentam custos menores de produção e possui uma capacidade de trabalho próxima aos outros tipos de moinhos.

Os moinhos vão ser os grandes instrumentos de cobiça e de transformação de energia por vários anos até o aparecimento ou aperfeiçoamento de um novo conversor energético.

---

<sup>4</sup>HEMERY, D., DEBIER, J., DELÉAGE, J. Op, cit. Pág 121.

<sup>5</sup>HEMERY, D., DEBIER, J., DELÉAGE, J. Op, cit. Pág 122.

O capitalismo modifica o sistema de utilização de energia conhecido até então. Como no capitalismo há sempre uma busca em produzir mais e vender mais, se faz necessário que a eficiência da produção fosse cada vez maior. Desta forma, a inovação tecnológica, que sempre acompanhou o desenvolvimento de novos meios ou processos de produção, passava a atuar e ser empregado em novos tipos de conversores.

O conversor que marcou a evolução da produção capitalista foi sem dúvida, a máquina a vapor. Em 1698, o capitão inglês Thomas Sarey, apresentou um dos primeiros tipos de máquina a vapor de sucesso, destinada a extrair água de minas. Já em 1705, Thomas Newcomen, deu um passo a diante nas máquinas a vapor como sendo o pioneiro em utilizar cilindros e êmbolos, que posteriormente foi aperfeiçoado por Henry Beighton (1718) e John Smeaton (1770). Porém James Watt, em 1763, ao consertar um modelo da máquina de Newcomen, na Universidade de Glasgow, chegou a novas conclusões e terminou por inventar o seu próprio modelo de máquina a vapor, que corresponde à máquina a vapor moderna, patenteada em 1769 e 1781. Já em 1782, Watt patenteou um novo modelo de máquina a vapor rotativa de ação dupla, que pela primeira vez permitiu o aproveitamento do vapor para impulsionar toda a espécie de mecanismos, criando assim o sistema das fábricas e acelerando a revolução industrial.

As máquinas a vapor tinham como fonte geradora de energia, inicialmente, a lenha e posteriormente o carvão. Ambas as fontes forneciam calor às caldeiras e impulsionavam todo o mecanismo.

A partir do surgimento das máquinas a vapor e depois da aplicação das mesmas no processo produtivo industrial e de transporte, a lenha e o carvão passaram a ter um papel importante e significativo no mundo.

Mas o carvão mineral e a máquina a vapor causaram transformações profundas na sociedade, pois viabilizou o surgimento das ferrovias e de navios a vapor, acabando com o antigo problema de transporte entre as cidades, seja no transporte de matéria-prima ou no transporte de produto acabado.<sup>6</sup> isto foi

---

<sup>6</sup> Nota-se aqui a primordial influência ou consequência da evolução do capitalismo, pois de agora em diante fica muito mais fácil explorar territórios de matéria-prima, tanto quanto, expandir os mercados consumidores dos bens de produção.

essencial para o desenvolvimento das indústrias e expansão do mercado consumidor.

O carvão mineral continuou sendo uma excelente fonte de energia. Além de já ter beneficiado o transporte terrestre, com as ferrovias (máquinas a vapor), ele também beneficiou o transporte marítimo. O sistema técnico do veleiro foi substituído por um sistema de máquina a vapor. Desta forma o carvão passou a ser uma fonte de riqueza, já que era cobiçado por todo o mundo.

"Durante o século XIX, a Grã-Bretanha tinha colocado em exploração bacias carboníferas com imensas reservas, desde as dos vales escoceses até as do País de Gales meridional. No fim do século XIX a Grã-Bretanha exportava um terço de sua produção carbonífera, que em 1913 era de 292 milhões de toneladas. ...Da mesma forma, a estrada de ferro que os franceses construíram no Yunnan no início do século correspondia a objetivos ao mesmo tempo idênticos e concorrentes aos dos britânicos, pois esta linha devia permitir a exploração de jazidas excepcionalmente grandes de carvão de alto teor."<sup>7</sup>

Assim tiveram origem as primeiras redes ou comércio de carvão no mundo e também as primeiras disputas para tentar entrar neste mercado, que se mostrava cada vez mais promissor devido ao crescimento industrial da época. A energia ajudava a melhorar a eficiência da produção, porém ela era limitada pelo dia e noite.

Para sanar ou ampliar as possibilidades de se poder produzir por mais horas de trabalho, desenvolveram-se formas de energia que permitiam a iluminação artificial. Esta forma de energia era o gás de iluminação, que é obtido através da destilação do carvão.

Após o carvão vieram novas fontes de energia, como o petróleo e posteriormente a energia elétrica. Cada um destas novas fontes de energia gerou novos incrementos na vida da sociedade e da indústria principalmente. Com o petróleo surgiu uma gama de mercadorias ou produtos que poderiam ser fabricados, pois do seu refino é possível extrair produtos acabados para consumo final. A energia elétrica também teve sua utilização ampliada, ela veio

---

<sup>7</sup> HEMERY, D., DEBIER, J., DELÉAGE, J. Op, cit. pág 172 e 173.



substituir na ferrovia as máquinas a vapor, por ferrovias elétricas bem como um novo sistema de iluminação até então baseado no gás.

Todas essas novas fontes de energia e suas aplicações sempre trouxeram com elas o desenvolvimento industrial. Seguindo o exemplo do carvão, o petróleo e a energia elétrica também passam a ser comercializados, só que agora os mercados estão mais organizados e principalmente os maiores países produtores de petróleo passam a se agrupar e organizar grupos de produtores como a OPEP.

Na área industrial a energia elétrica não só era utilizada na iluminação como também era matéria-prima propulsora de motores elétricos que com o desenvolvimento da tecnologia, veio a substituir as antigas máquinas que nas indústrias artesanais eram em grande maioria acionadas por pedais e/ou movidas por motores a vapor e possibilitaram o surgimento de várias outras máquinas aumentando o potencial das máquinas industriais.

A energia elétrica é gerada no movimento de rotação de uma bobina de fios de cobre, envolta em um campo magnético. O movimento de rotação desta bobina é gerado pelo movimento das águas dos rios, da força dos ventos ou em função da pressão do vapor d'água.

O petróleo surgiu como sendo a maior das matérias energéticas descobertas no mundo. Após a segunda guerra mundial, o mundo inteiro passou a ser dependente do petróleo, pois toda a indústria mundial estava baseada no petróleo. A indústria petrolífera passou a ter um papel muito importante no contexto internacional, servindo até de arma a países como os Estados Unidos para prejudicar, economicamente, outros países como o Japão e a Europa, que eram as maiores concorrentes dos Estados Unidos no mercado industrial.

Quando os Estados Unidos, na primeira crise do petróleo (1973), resolveu estabelecer a flutuação do dólar, a OPEP que em treze anos nunca aumentaram o preço do petróleo, pode de uma só vez quadruplicar o preço do petróleo, atingindo a Europa e o Japão que eram bem mais sensíveis a um aumento no petróleo do que os Estados Unidos, pois suas economias não eram tão forte quanto a dos Estados Unidos.

Com as duas crises do petróleo os países que não eram auto-suficientes na produção de petróleo para abastecer seu mercado interno, tiveram que

gastar muito mais em petróleo, prejudicando suas balanças comerciais. Entretanto essa elevação no preço do barril do petróleo e o futuro esgotamento de suas reservas mundiais levaram a sociedade científica de todo o mundo a pesquisar novas fontes geradoras de energia e conseqüentemente novos conversores energéticos.

A agricultura que no passado foi uma das grandes estimuladoras do descobrimento de novos conversores de energia, agora passa a ser beneficiada de forma mais direta na sua produtividade, através da utilização de maquinários nos campos.

Em termos de energia, o transporte é responsável por consumir uma grande quantidade de energia. No que se refere ao transporte ele foi muito beneficiado com a evolução da tecnologia e na descoberta de novas fontes de energia. O surgimento do motor a combustão pôde dar origem a carros e caminhões, que facilitam e muito no transporte de pessoas e de mercadorias, embora seja comprovado que a eficiência de um motor a combustão é muito baixa, podendo chegar no máximo a ser de 35%, o que nos leva a crer que ele é um péssimo conversor de energia.

No Brasil foi desenvolvido um projeto de utilizar carros a álcool (pró-álcool), tentando depender menos do petróleo, de recuperar a indústria canavieira e quem sabe gerar uma nova fonte de energia capaz de poder ser aplicado em setores onde possa substituir outra matéria fornecedora de energia.

A internacionalização do sistema capitalista teve como objetivo aumentar a eficiência no sistema produtivo mundial e o consumo em massa. Porém a revolução tecnológica e a crise do petróleo contribuíram para que houvesse um relativo decréscimo no consumo de energia.

O sistema energético construído na URSS pouco difere do sistema capitalista. A razão para este sistema é que a sociedade soviética deveria se industrializar para poder criar condições prévias supostamente necessárias para a construção do socialismo. Para isto a URSS passou a explorar as suas reservas e exportar seus recursos energéticos naturais, transformando essas exportações em moeda corrente e passando a ser o único grande país industrializado no mundo a promover sua industrialização a partir deste sistema. Porém como o sistema socialista se baseia na coletividade dos meios

de produção, há uma inibição a existência do interesse privado na gestão dos recursos energéticos e fica totalmente vulnerável às variações das exportações energéticas ou redução do preço do petróleo.

Como vimos ou podemos observar, o mundo produtivo desde a origem a máquina a vapor, ficou sempre dependente dos combustíveis para poder produzir. O carvão mineral foi o primeiro e logo depois veio o petróleo, porém como esses insumos ou matéria-prima para obtenção de energia passou a ser um bem comercializado, os países que não eram auto-suficientes na produção do insumo, passou a depender de produtores destes insumos. Com o meio de produção mundial basendo-se no petróleo, o mundo se via nas mãos dos seus produtores mundiais. Para poder fugir desta dependência os países viram na força nuclear uma saída para este pequeno contratempo mundial, que sempre foi foco de disputa política e armamentística no mundo.

Com o desenvolvimento industrial da linha nucleoelétrica o sistema energético dos países industrializados atinge um patamar histórico. Nada de fundamental muda em seu modo de funcionamento, ao ponto que a energia nuclear foi, por muito tempo, considerada como a resposta definitiva aos diferentes desafios energéticos de nosso tempo, como a alternativa à crise dos sistemas energéticos contemporâneos e a dependência demasiada do petróleo. Pois com a energia nuclear o mundo poderia gerar energia elétrica independente dos seus recursos hídricos e podendo assim fugir também da poluição gerada em termoelétricas com a queima de combustíveis para gerar energia elétrica.

A energia nuclear baseia-se ainda, como a energia de fósil, na mobilização de um estoque, por definição, limitado: no caso, um combustível fósil, o urânio. Mas trata-se de um combustível cujo custo global, incluídas as diferentes operações necessárias à sua utilização (extração, conversão, enriquecimento, fissão, retratamento), permanecem muito elevados, e que exige uma mobilização sem precedentes de uma tecnologia incrivelmente complexa: mais ainda que os novos conversores, os reatores nucleares, exigem investimentos altos.

A fragilização dos ecossistemas assume formas inéditas e coloca problemas totalmente novos como gestão de resíduos radioativos, riscos de grandes acidentes, etc; que estão longe de serem resolvidos.

O que era visto como uma saída ou salvação do sistema energético mundial se viu desmanchado perante as implicações que surgiram, devido principalmente ao risco de acidentes em proporções catastróficas que nenhuma outra fonte de energia, até então, tinha apresentado.

As consequências de acidentes nucleares foram a origem de novas discussões sobre a questão de energia mundial, mas não com o foco de julgamento de evolução no processo de geração de energia, mas sim como foco ambiental, ou melhor, os impactos da exploração excessiva e da poluição gerada pelos meios produtivos.

Com tudo isto que foi apresentado podemos observar a importância da evolução da energia nos meios produtivos, bem como o desenvolvimento dos conversores de energia. Também podemos observar os malefícios da dependência que os sistemas de produção tem em relação a uma única fonte e energia.

### 3. PERFIL ENERGÉTICO BRASILEIRO.

Ao longo das décadas que se passaram após a primeira revolução industrial, as economias mais desenvolvidas, ou melhor, as economias que estavam se desenvolvendo mecanicamente, começaram a exploração, de forma mais predatória, das fontes ou reservas energéticas mundiais.

Como vimos no capítulo anterior, foi o carvão mineral a primeira fonte de energia fóssil a ser explorada pela sociedade mundial, para suprir o abastecimento de matéria prima para por em funcionamento, as tão fabulosas, para a época, máquinas a vapor, que com o tempo, passaram a ser aplicadas em vários setores como na indústria, no transporte, em escavadeiras, etc.

Conseqüentemente as tecnologias e o desenvolvimento das sociedades foram aumentando o grau de exploração dos recursos naturais energéticos. Desta forma podemos aceitar que, para que uma sociedade pudesse se desenvolver, ela teria que cada vez mais expandir sua base de exploração energética para poder satisfazer a crescente demanda por energia.

Foi a partir dos anos 50 que a quantidade de derivados do petróleo começa ram a despontar como o recurso energético que tem seu consumo crescendo, chegando aos anos 70, como maior fonte de energia consumida, desbancando a lenha e o carvão, que eram as fontes energéticas mais consumidas no mundo. Este fato pode ser explicado em função do término da segunda guerra mundial, onde o mundo pode conhecer crescimentos econômicos internos e externos, pois a Europa encontrava-se em reconstrução em função da guerra e o mundo estava sendo disputado por dois sistemas, o capitalismo e o socialismo.

Para os Estados Unidos, o crescimento não era uma novidade, ele apenas continuou sua trajetória de expansão dos anos de guerra, principalmente porque seu território, diferentemente da Europa, não foi afetado.

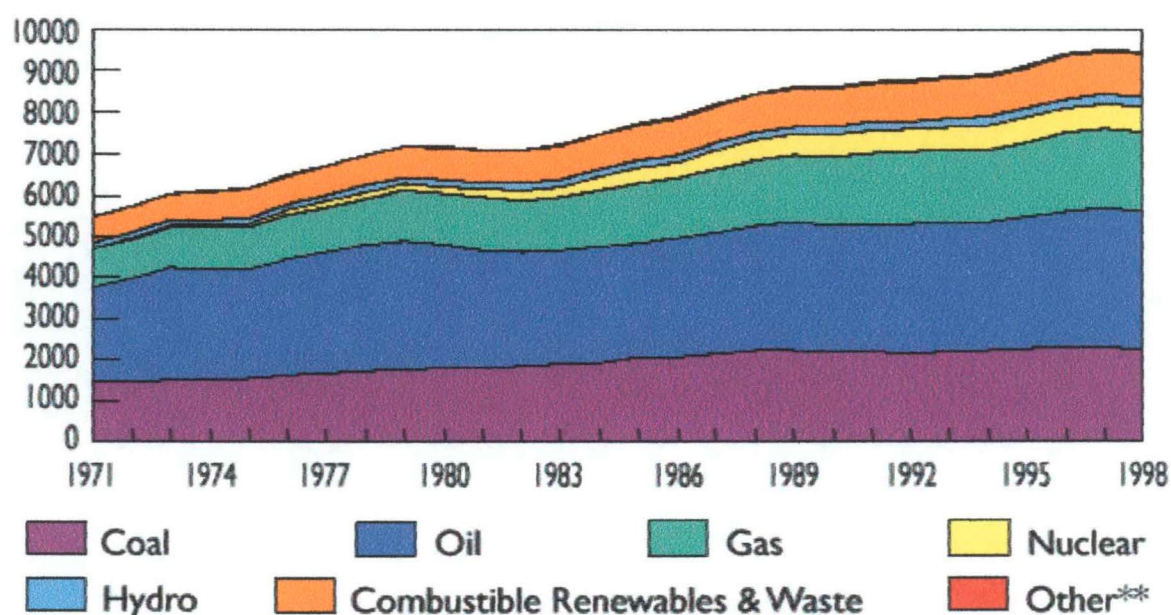
A década de 1960 foi, para o mundo capitalista uma das maiores fases de expansão do sistema. A industrialização, capitalista e socialista, chegava a atingir até os países da periferia, não se restringindo toa somente as grandes potências mundiais. Países como a Bulgária e a Romênia que eram predominantemente agrários, ganharam expressivos setores industriais. No até então chamado "Terceiro Mundo" a industrialização despontou, depois da Era

de Ouro, porém viu-se uma menor dependência desses países do setor agrário.

Entre 1950 e 1970 a produção de produtos manufaturados quadruplicou neste período e o comércio mundial de manufaturas cresceu dez vezes. Isto nos mostra como o mundo estava expandindo seus mercados e conseqüentemente aumentava o consumo mundial de insumos energéticos.

Um dos fatores históricos que proporcionou ao mundo esta expansão produtiva era o nível de preço de um dos insumos energéticos mais importantes da economia mundial, que era o petróleo. Durante este período (1950 à 1970), o preço do barril de petróleo saudita custava em média menos de US\$ 2,00 durante todo este período. Isto explica porque o consumo de petróleo entre os anos 50 à 70 mais que quadruplicou.

GRÁFICO I: CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA.



FONTE: IEA (International Energy Agency).

NOTA: valores em 10<sup>9</sup>tep.

Entretanto foi em 1973 que os países da OPEP resolveram elevar e cobrar o preço que o mercado poderia pagar pelo barril do petróleo.

°Em fins de 1973 o preço do petróleo não refinado proveniente do golfo Pérsico era 400% superior ao cobrado no início do mesmo ano; até meados de 1975, os preços quase que quintuplicaram. Os países da OPEP viram suas receitas aumentarem em 25 bilhões de dólares em 1973 e 80 bilhões de dólares em 1974. Nesse ano, o bloco dos países industrializados tiveram um déficit global de 11,5 bilhões de dólares e os países subdesenvolvidos tiveram um déficit de 39,8 bilhões de dólares.”<sup>8</sup>

Os problemas com o petróleo não terminaram, ou melhor, não pararam por aqui. Em 1979 o mundo estava, de novo, frente a frente com outra crise do petróleo, a segunda crise do petróleo.

A segunda crise do petróleo foi provocada pela guerra civil que ocorreu no Irã, onde a produção de petróleo iraniano caiu de 6,5 milhões de barris/dia para 235 mil barris/dia. Esta queda de produção afetou o mundo, pois o Irã era o segundo maior exportador de petróleo da OPEP. Neste período o preço do petróleo atingiu níveis recordes de até 23 dólares o barril. Em 1979 a OPEP decidiu reajustar oficialmente os preços para US\$ 14,55 o barril. Porém países como Irã, Líbia, Argélia e a Nigéria elevaram os preços para US\$ 18,00 o barril.

Ambas as crises do petróleo contribuíram para que o mundo reduzissem o consumo desta fonte energética e principalmente contribuiu para que os países desenvolvessem pesquisas a respeito de fontes de energia alternativa, pois claramente o mundo percebeu o quanto prejudicial pode ser a dependência de um sistema produtivo, baseado em uma só fonte de energia.

No Brasil não foi diferente do resto do mundo, só foi mais atrasado que os países desenvolvidos, pois a industrialização brasileira somente veio a ocorrer, de forma marcante no governo de Juscelino, no plano de metas.

A evolução do consumo dos insumo de energia podem ser vislumbrados na tabela a seguir e posteriormente descrito como as mudanças durante os anos foram promovidos.

---

<sup>8</sup> SANDRONI, P. Novo Dicionário de Economia. 9ª. ed. São Paulo: Best Seller, 1998. pág 261 e 262.

**TABELA I: EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA NO BRASIL.**

F O N T E S ENERÉTICAS	EM 10 <sup>3</sup> tep			
	1945	1950	1955	1960
Petróleo e Gás natural	1 424,91	4 189,91	8 393,47	12 401,33
Carvão Mineral	1 316,91	1 564,20	1 738,99	1 395,34
Hidráulica	1 392,00	1 808,73	3 120,11	5 331,36
Lenha	22 347,59	25 661,64	28 072,32	31 037,94
Produtos da cana	563,18	867,36	1 281,57	2 071,99
Outras	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>24 275,11</b>	<b>34 091,95</b>	<b>42 606,47</b>	<b>52 237,98</b>

F O N T E S ENERÉTICAS	EM 10 <sup>3</sup> tep			
	1965	1970	1975	1980
Petróleo e Gás natural	16 010,08	24 944,48	43 467,50	55 428,83
Carvão Mineral	1 810,78	2 350,54	3 129,44	5 783,29
Hidráulica	7 399,35	3 182,48	5 787,36	10 295,52
Lenha	33 270,96	31 453,12	32 739,24	30 694,55
Produtos da cana	2 909,15	3 536,09	4 104,25	9 081,45
Outras	0	213,15	338,95	913,63
<b>TOTAL</b>	<b>61 400,34</b>	<b>65 679,87</b>	<b>89 566,75</b>	<b>112 197,29</b>

F O N T E S ENERÉTICAS	EM 10 <sup>3</sup> tep			
	1985	1990	1995	2001
Petróleo e Gás natural	51 099,42	60 843,57	74 320,47	97 246,25
Carvão Mineral	9 862,95	9 464,03	11 811,00	13 323,12
Hidráulica	14 423,04	18 659,68	23 140,56	24 374,80
Lenha	32 513,11	28 179,84	22 971,11	21 655,00
Produtos da cana	18 576,23	17 937,33	21 216,51	22 205,82
Outras	1 265,34	3 196,40	4 793,82	8 155,65
<b>TOTAL</b>	<b>127 740,10</b>	<b>138 280,87</b>	<b>158 253,48</b>	<b>186 960,65</b>

FONTES: MME. (Ministério das Minas e Energia), 2003.

NOTA: "Outras" engloba fontes de energia como o xisto, nuclear, etc.

Apesar do governo de Juscelino ter sido um articulador e impulsionador da recuperação da industrialização brasileira, devemos ressaltar que isso só pode ocorrer porque governos anteriores a ele, tinham, de forma menos marcante, preparado o terreno com recursos de base como exploração mineral e geração de energia elétrica.

O crescimento do consumo de energia, oriundo do carvão, passou a crescer, principalmente, durante o governo de Getúlio Vargas, após a criação da Siderúrgica de Volta Redonda. Esta siderúrgica era uma grande



consumidora de carvão, porém, no início do seu funcionamento e por alguns anos, o carvão utilizado na sua produção era importado. Entretanto, antes da construção da indústria siderúrgica nacional, o governo de Getúlio Vargas impôs aos importadores de carvão, a aquisição de uma quantidade de carvão nacional correspondente a 10% da quantidade que pretendessem importar.<sup>9</sup> Esta foi uma das medidas tomadas pelo governo brasileiro para promover a exploração das suas fonte de carvão vegetal.

No Brasil, nos anos de 1929 e 1930, a exploração do petróleo estava muito atrás do resto do mundo. Este atraso foi devido ao desconhecimento e pesquisa em descobertas de formações geológicas da formação de petróleo e também devido a discussões constitucionais que assegurava aos proprietários de terras, o direito sobre os bens minerais que por ventura estivessem localizados em suas propriedades. Este problema constitucional, só foi resolvido com a constituição de 1934, que estabeleceu que as iguarias do subsolo tinham propriedades distintas das do solo.

A posição do carvão como principal fonte de energia foi dando espaço ao petróleo, de forma lenta. Além dos entraves políticos no desenvolvimento da exploração e utilização do petróleo, ocorreram também fenômenos externos sobre esta fonte de energia, que foram as duas crises do petróleo. Tais crises, embora fossem prejudiciais as economias mundiais, tiveram seu lado positivo para o Brasil, pois foi, em parte, destas crises, que as pesquisas sobre o petróleo brasileiro se apoiou, pois com o auto do preço do petróleo, ficaria cada vez mais difícil manter ou promover o crescimento econômico do país, como era o desejo de seus governantes.

A criação da Petrobrás, em 1953, foi o marco na história que definiu o total interesse brasileiro em explorar esta fonte fóssil de energia primaria e tirar o atraso em relação ao resto do mundo que já estavam usufruindo deste recurso. Porém, depois de pesquisas técnicas mais avançadas sobre o subsolo brasileiro, foi descoberto que a maioria de suas fonte ou reservas petrolíferas encontravam-se em território subaquático, ou seja, estavam presentes no

---

<sup>9</sup> LEITE, A. D. **A Energia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. Pág 83. (Decreto nº 20089, de 1931; regula as condições para o aproveitamento do carvão nacional; Decreto nº 1828, de 1937; eleva de 10% para 20% a quota obrigatória de consumo de carvão nacional.)

Oceano Atlântico. Isto fez com que a Petrobrás tivesse que investir mais ainda em exploração ou perfuração de terrenos submersos.

Foi durante o governo de Juscelino Kubitschek, como se viu, que o Brasil passou por grandes mudanças dos setores produtivos. Foi a partir de pesquisas sobre as condições econômicas e funcionais dos setores do país que, Juscelino e sua equipe, puderam estabelecer metas e objetivos aos setores econômicos.

Para Juscelino o Brasil passava por uma crise, que para ele era uma crise de crescimento, pois para ele o Brasil não era um país produtor apenas de produtos agrários por vocação, mas sim por resultado de políticas não vigorosamente industriais.

O plano de industrialização do Brasil, em si, consistia em privilegiar a produção interna via substituição de importações. Porém a economia brasileira apresentava alguns pontos de estrangulamento que iriam proporcionar a inviabilidade de qualquer plano de modernização do país, pois o fornecimento de insumos e a manutenção do sistema não tinham sustentabilidade para gerar os recursos que o plano exigiria. Então antes de se iniciar a industrialização efetiva o país deveria criar a base de sustentação do modelo industrial pretendido pelo plano de metas. Estão entre os setores de estrangulamento: o setor de energia, de transporte, alimento e indústria de base.

Em relação ao setor de alimentos, este ficou com 3,2% dos investimentos realizados no plano de metas, que proporcionou a produção agrícola um crescimento de 7,2% de 1955 a 1960.

O setor de transporte obteve 29,6% dos investimentos realizados pelo plano de metas. Estes investimentos buscavam na área das ferrovias o reaparelhamento e a construção de novas ferrovias. Como resultados destes investimentos tivemos que, em 1960 foram adquiridas nove locomotivas elétricas e 380 locomotivas movidas a diesel. Em relação a construção de novas ferrovias foram entregues a população 826,5km de um montante previsto de 1.500km. Embora a meta final não tenha sido alcançada, registrou-se um aumento no volume de cargas transportadas de 21,7% e de 19,0% de passageiros no período de 1955 a 1960.

Com relação ao setor de indústria de base os investimentos seriam de 20,4% do total. Estes investimentos englobariam as áreas da siderurgia,

alumínio, metais não-ferrosos, cimento, celulose e papel, borracha, indústria automobilística, indústria de construção naval e indústria mecânica e de material elétrico pesado. Os resultados obtidos por este setor foram surpreendentes, chegando a um crescimento de 96% sobre o ano de 1955.

Já em relação ao setor energético, que podemos considerar o mais importante, pois sem ele não se poderia fornecer energia para se atingir os resultados nos outros setores e também sustentar os níveis já alcançados, ficou responsável por nada mais do que 43,4% do volume dos investimentos realizados durante o plano de metas. Estes investimentos atingiram as áreas de eletricidade, energia nuclear, carvão mineral e petróleo e seus derivados.

A capacidade de geração de energia elétrica que se tinha em 1956 era de 3.500.000 kW, passando em 1960 para 5.000.000 kW e por fim em 1965 a capacidade instalada era de 9.000.000 kW, atingindo assim 87,6% da meta determinada.

A área de energia nuclear buscou neste período formar profissionais técnicos, produção de combustível nuclear e planejamento de instalações de usinas termelétricas. Estes objetivos ou metas foram alcançadas. Foi construído no Instituto de Energia Atômica na Cidade Universitária da USP, um reator nuclear de pesquisa, e bolsas de estudos foram oferecidas.

O carvão mineral tinha a meta de se elevar a sua produção para 2.500.000 toneladas em 1960, porém a meta não foi totalmente atingida, ficando na produção de 2.199.000 toneladas; isto devido a utilização de locomotivas à diesel que reduziram o consumo de carvão.

Por fim a última área a ser contemplada era a do petróleo e de seus derivados. A meta estipulada para a produção de petróleo era de 100.000 barris/dia em 1960, porém alcançou-se somente 75% desta meta, que corresponde a 75.000 barris/dia. Já na obtenção de derivados de petróleo a capacidade de refino deveria ser de 308.000 barris/dia. Esta meta foi 100% alcançada em 1961.

Este foi o retrospecto brasileiro durante o período que antecedeu ao governo militar brasileiro, que se instalou em 1964 e não deu continuidade ao crescimento que foi proporcionado ao Brasil, deixando o plano de metas com os méritos de ter sido um grande planejamento de desenvolvimento, mas que

não gerou filhos que pudessem continuar a promover o crescimento e desenvolvimento da economia nacional.

Entre o período de 1967 a 1973 o Brasil passou por um crescimento econômico conhecido como “Milagre Econômico”. Semelhante ao plano de metas, o setor que puxou a economia nacional para o alto durante este período foi a indústria manufatureira que cresceu neste período 12,7% ao ano. E igualmente a este setor, o comércio de bens de consumo duráveis. O crescimento industrial deste período só foi possível, pois durante o intervalo de tempo entre o plano de metas e o milagre econômico a indústria gerou uma capacidade ociosa, e posteriormente os investimentos realizados durante este período de crescimento. Curiosamente este período de crescimento veio a ser interrompido, justamente quando o mundo ficou conhecendo os efeitos da primeira crise do petróleo.

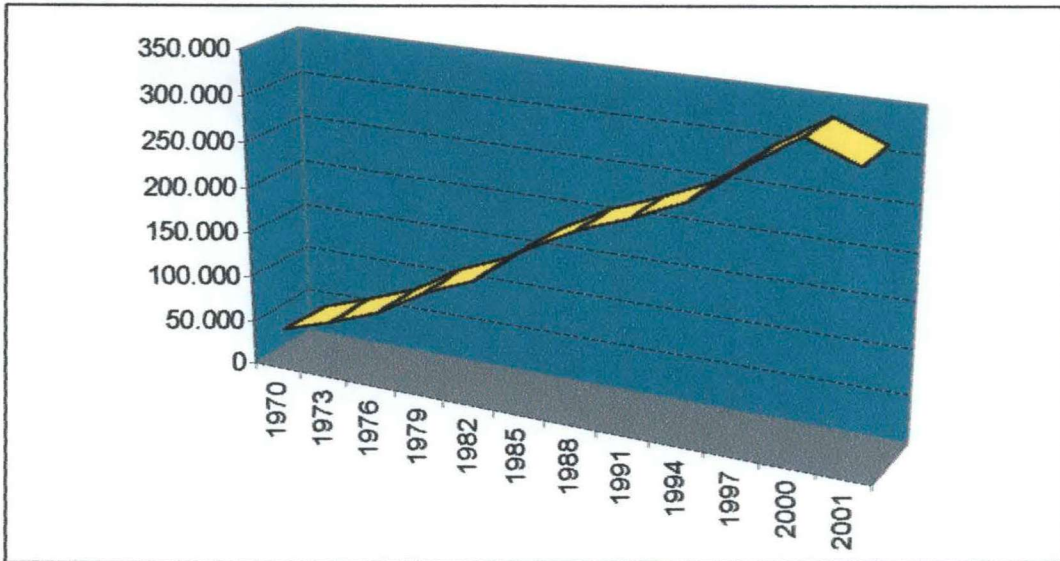
Nos anos 70 o Brasil conheceu mais dois planos de crescimento econômico nacional. Entre 1972 a 1974, foi lançado o primeiro PND (Plano Nacional de desenvolvimento), pelo governo Médici e entre 1975 a 1979 o lançamento do segundo PND, pelo governo de Geisel. Ambos os planos contribuíram para que a economia nacional crescesse, mas também apresentou um caráter mais social buscando dar ao povo uma melhor condição de vida referente a moradias como saneamento e energia e educação.

Igualmente ao milagre econômico, o II PND deparou-se com mais uma crise do petróleo, o que interrompeu, novamente, um ciclo de crescimento impulsionado pela indústria de bens de consumo duráveis como a automobilística, que sempre esteve a frente do crescimento em todos os planos econômicos até então.

Ainda vale ressaltar que dentro do sistema de geração de energia elétrica a maior representante na geração é a usina hidroelétrica de Itaipu, que inicialmente produzia 12600MW de energia. Itaipu teve sua construção iniciada em 1975 e entrou em funcionamento em 1983.

Hoje em dia podemos perceber que tais ciclos de crescimento expandiram a oferta e o consumo de energia elétrica no Brasil, uma vez que esta energia é de extrema importância como insumo para a produção e de benefício para proporcionar uma melhor qualidade de vida ao seu povo.

GRAFICO II: CONSUMO DE ENERGIA ELETRICA BRASILEIRA.



FONTE: MME (Ministério das Minas e Energia), 2003.

NOTA: unidade em GWh.

Porém devemos perceber que até o início dos anos 80, as economias mundiais utilizavam os recursos energéticos de forma a não se preocuparem com as conseqüências da poluição atmosférica e com os níveis de reservas das fontes fósseis.

As fontes fósseis levaram milhões de anos para serem formadas e, infelizmente para a população mundial, estas fontes ou reservas energéticas não encontram-se em reabastecimento. Foi a partir desta questão ou de um possível esgotamento futuro das fontes fósseis, que o mundo, como um todo, passou a buscar saídas para este problema. Esta saída foi buscada em se explorar fontes energéticas cuja renovação de suas fontes fossem ininterruptas.

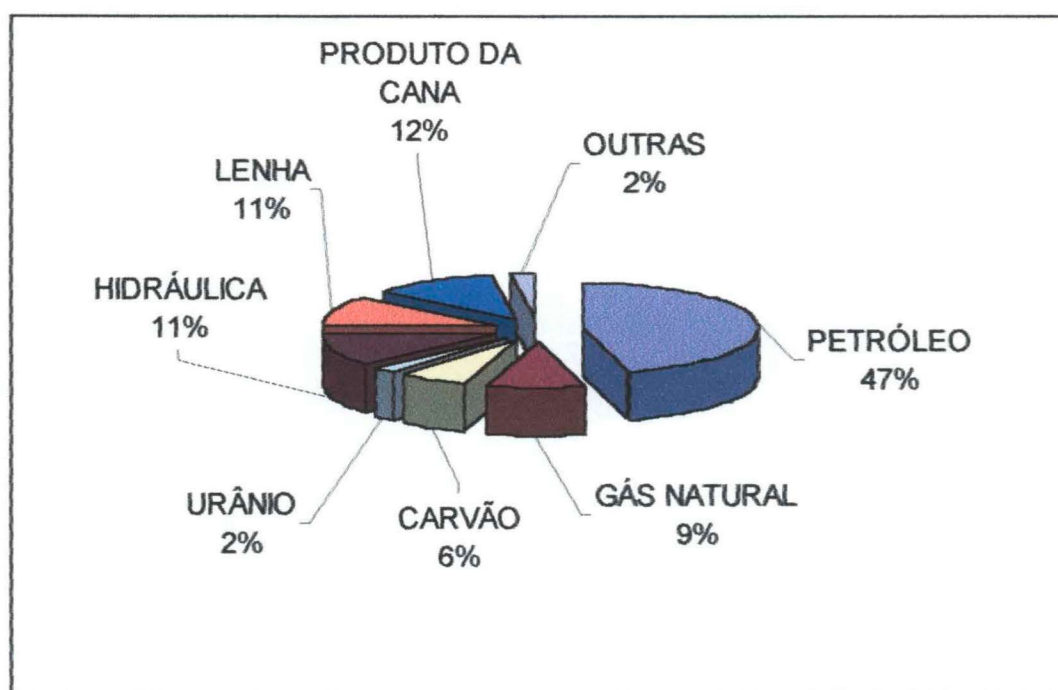
É a partir da diferenciação entres estas fontes, que elas passaram a ser classificadas como sendo: fontes energéticas renováveis e não-renováveis.

Hoje em dia no Brasil e no mundo, muitos países vêm explorando suas fontes de energia renováveis. O Brasil tem seu sistema elétrico baseado na força hídrica de seus rios. Embora o abastecimento dos rios sejam abastecidos com as chuvas no território brasileiro, não nos assegura de que os rios

brasileiros estejam sempre abastecidos para suprir a demanda interna nacional. Eventualmente podem ocorrer épocas de estiagens que podem prejudicar o nível de reservas das usinas hidroelétricas, o que pode criar percalços ao sistema de geração de energia elétrica. Um exemplo disto foi a crise do “apagão” ocorrida no Brasil.

O Brasil, diferentemente de outros países do mundo, tem a vantagem de possuir um vasto território que o possibilita explorar vários tipos de energia como a solar, eólica, biomassa, petrolífera entre outras. Sendo assim podemos observar a variada composição da matriz energética brasileira.

GRAFICO III: MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA.



FONTE: MME. (Ministério das Minas e Energia), 2003.

Existem hoje no Brasil, várias discussões sobre se modificar a matriz energética brasileira, de forma a se explorar mais as suas fontes de energia renováveis, porém para tomarmos parte se devemos utilizar mais ou menos uma certa fonte de energia ou outra, devemos conhecer a particularidade de cada fonte de energia.

### 3.1. FONTES NÃO-RENOVÁVEIS.

Como vimos anteriormente, as fontes de energia são divididas em dois grupos, as fontes renováveis e as fontes não-renováveis.

Dentro do grupo das fontes não-renováveis podemos encontrar os combustíveis fósseis mais utilizados no mundo, como o petróleo, o gás natural, o xisto e o carvão mineral.

Como vimos o consumo de energia mundial vem aumentando a cada dia e a cada novo processo de crescimento econômico. Porém devemos nos alertar que para que se possa manter um crescimento ou manter um patamar auto de produção e bem estar social sustentável, devemos ter recursos energéticos que possam satisfazer estas necessidades. Nesta questão podemos atribuir que a energia é um elemento essencial para a sustentabilidade do mundo. Logo se exaurirmos todas as fontes de energia que não são renováveis estaremos comprometendo a sustentabilidade da evolução das sociedades. Pode ser que estas fontes energéticas não renováveis não tenham seus dias ainda contados ou perto do fim, porém em algum dia as reservas destas fontes se esgotarão, e caberá a sociedade encontrar uma saída para este problema.

Um outro problema que pode vir e com certeza irá acontecer é a dependência de fontes externas aos territórios nacionais de fontes energéticas não renováveis, como as duas crises do petróleo, pois sabemos que as reservas de petróleo mundiais não se encontram igualmente distribuídas pelo globo terrestre, mas sim se localizam em áreas específicas do globo, podendo dar a alguns países o privilégio de no futuro poder determinar para quem e por quanto iram fornecer este recurso energético.

#### 3.1.1. O Petróleo.

O petróleo no Brasil, assim como no resto do mundo não é recente. No século passado era usado para iluminação pública e nos lares brasileiros. A fase de prospecção de petróleo em nosso país iniciou-se com a perfuração de um poço em Bofete-SP, mas só foi encontrada água sulfurosa. O primeiro poço

efetivamente registrado como produtor de petróleo foi perfurado em Lobato, subúrbio de Salvador-BA. No início a prospecção era aberta a quem se aventurasse a procurá-lo e, dessa forma foi criada o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil (SGMB) que teve, entretanto, uma atuação insipiente. Com a descoberta do poço em Lobato, foi criado o Conselho Nacional do Petróleo (CNP) para tratar dos assuntos da indústria do petróleo. Ainda nesse período, não despertou interesse maior pelo petróleo brasileiro e avançou pouco a exploração do óleo em nossas terras. Em 3 de outubro de 1953, através da lei 2004 e intensa campanha popular nacional, o petróleo foi considerado um recurso fundamental e estratégico e colocado como monopólio estatal e criando a Companhia Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS). O monopólio foi responsável pela criação de uma indústria petrolífera, com o desenvolvimento de tecnologias de ponta e colocando-a numa das maiores do mundo.

O mundo optou pelo petróleo em maior escala a partir da década de sessenta, substituindo a energia carbonífera pelas grandes vantagens apresentadas. O petróleo é mais fácil de ser extraído do que o carvão. Ele também apresenta uma maior facilidade de transporte e de armazenamento. E por fim, o petróleo apresenta uma gama de aplicações devido aos vários produtos que podem ser obtidos, a partir do refinamento do petróleo.<sup>10</sup>

Porém ele apresenta também algumas desvantagens como a alta poluição atmosférica e a concentração de suas fontes ou jazidas. Este último já gerou muitos conflitos mundiais, como as duas crises do petróleo e a guerra do Golfo.

O petróleo é encontrado em bacias sedimentares, depressões na superfície da Terra que foram ao longo de bilhões de anos, preenchidas pelas rochas sedimentares. A existência de acumulações exploráveis comercialmente depende de características do agrupamento de rochas sedimentares específicas no subsolo das bacias. As rochas são reservatórios possuindo poros onde fica armazenado o petróleo e não tem como escapar.

---

<sup>10</sup> Os derivados do petróleo proporcionaram o surgimento de várias indústrias petroquímicas. O petróleo não possui, na sociedade capitalista, um papel de mera fonte geradora de energia mais sim uma matéria-prima para obtenção de vários produtos de consumo, como a maioria dos cosméticos. (Ex: batom).



Para explorar o petróleo, é necessário o emprego de métodos geofísicos, de mapeamento do subsolo para estimar a presença do óleo. Dentre esses métodos destacamos o aerofotogramétrico, terremoto artificial e imagens de satélite.

Após localizada e determinado o local da fonte, fura-se o primeiro poço para testar se existe realmente a acumulação. Em sendo confirmado, são feitos outros poços para verificar a extensão e profundidade da jazida. O problema maior da exploração de jazidas é que no início, não se tem certeza da presença de óleo e o risco e custo são altos, consumindo grande parte dos recursos de exploração. Para isso vários testes são realizados.

A Petrobrás tem tecnologia para extração de petróleo em águas profundas em plataformas oceânicas e hoje detém o record mundial de 1.700m de profundidade. É um marco para uma empresa nacional que durante muitas décadas teve o monopólio de produção e distribuição do óleo dentro do país.

Em seu estado natural, o petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos - compostos formados por átomos de carbono e hidrogênio. Podemos encontrar também, em proporções menores, compostos oxigenados, nitrogenados, sulfurados e metais pesados.

O conhecimento prévio da qualidade do petróleo é fundamental para o processo de refino e do produto final obtido. Assim os petróleos leves têm maior rendimento em produtos leves (gás liquefeito de petróleo (GLP), nafta, óleo diesel) e menor rendimento em produtos pesados (óleos combustíveis e asfalto). De modo geral temos a seguinte composição média de um barril de petróleo representada na tabela a seguir:

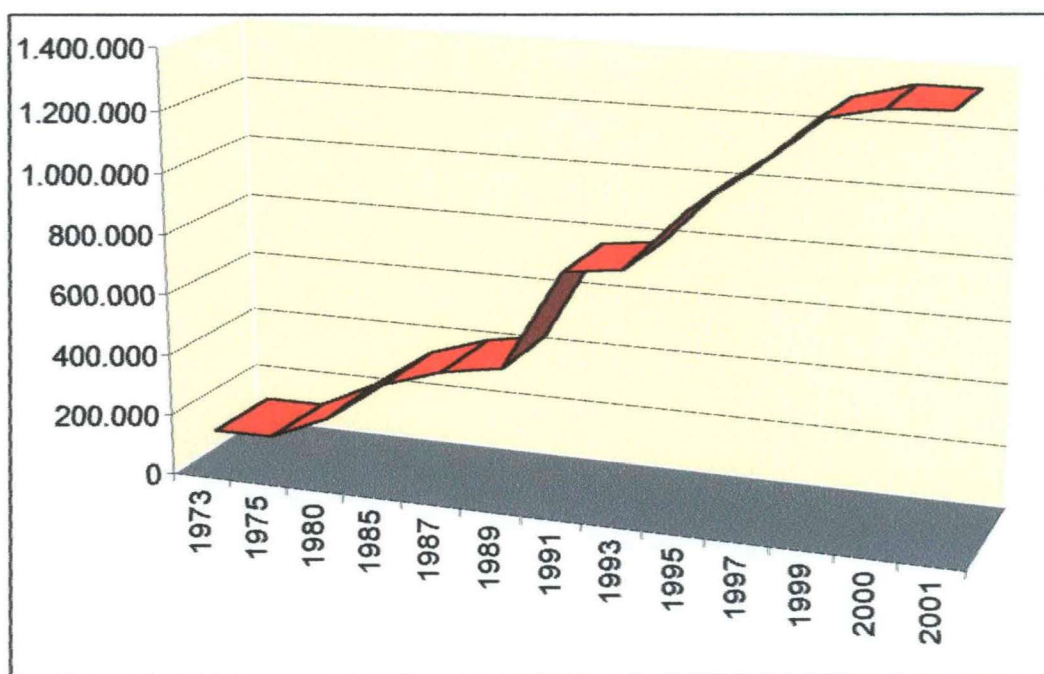
TABELA II: DERIVADOS DO PETRÓLEO POR BARRIL.

Derivados	%
GLP	90
Gasolina	17,6
Querosene	4,4
Óleo Diesel	34,6
Derivados diversos	2,8
Óleos lubrificantes e Parafina	1,4
Óleos Combustíveis	17,8
Asfalto	1,8
Nafta e Solvente	10,9

FONTE: Petrobras.

Como sabemos no Brasil a empresa responsável pela exploração do petróleo em território nacional, fica a cargo da Petrobrás. A mesma tem nos fornecido dados referentes as reservas de petróleo, que está a cada ano que passa, se extinguindo. Segundo a Petrobrás as reservas nacionais estão na ordem de 17,1 bilhões de barris. A sua produção de petróleo gira em torno de 1 milhão de barris/dia e de 1,5 milhões de barris/dia de seus derivados. Esta produção é referente às 7 231 poços de petróleo perfurados. Porém em alguns anos poderemos ver esta situação modificada devido ao futuro de que o petróleo, possivelmente, venha a se tornar escasso em virtude de não ser renovável.

GRÁFICO IV: RESERVAS DE PETRÓLEO BRASILEIRA.



FONTE: MME (Ministério das Minas e Energia), 2003.

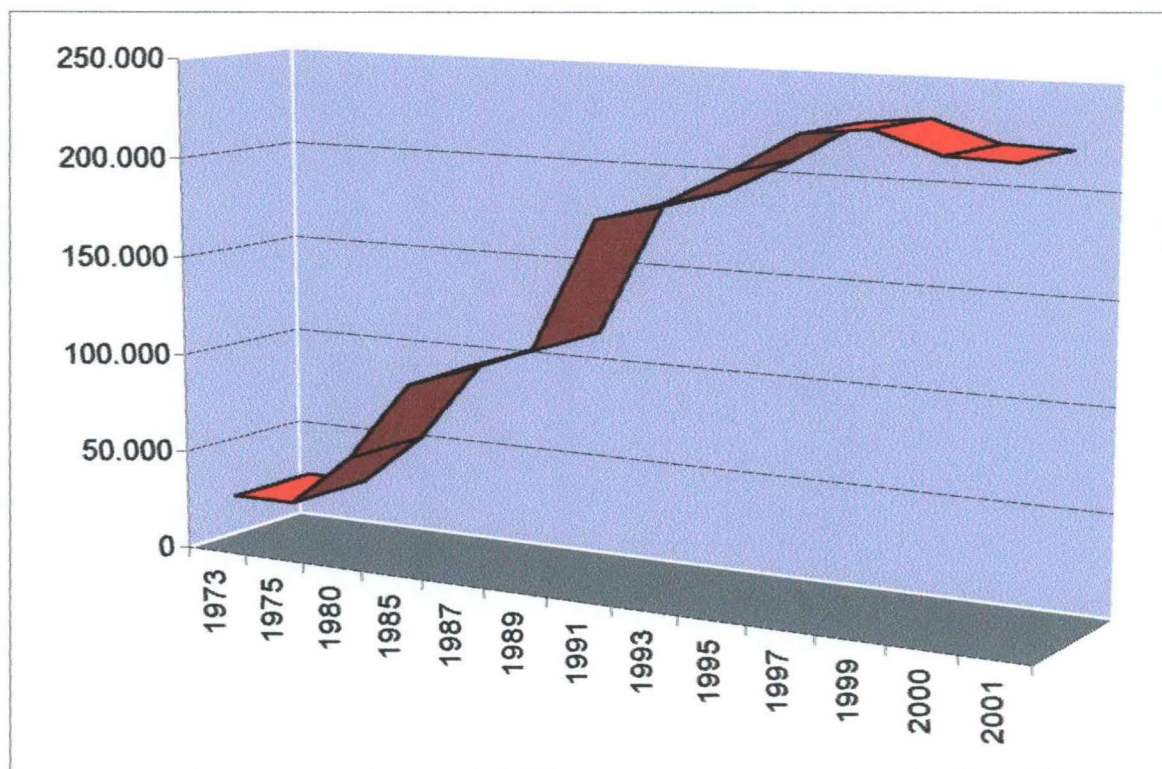
NOTA: unidade em 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>.

### 3.1.2. Gás Natural.

A utilização do gás natural desenvolveu-se na Europa, somente após 1960, tendo como seu maior produtor, na Europa, os Países Baixos, cuja produção entre os anos de 1970 e 1977 triplicaram, chegando a quase 1/5 da produção americana, que é a maior do mundo.

O gás natural tem suas reservas associadas ao do petróleo, sendo assim, sua escassez acompanha a do petróleo.

GRÁFICO V: RESERVAS DE GÁS NATURAL BRASILEIRA.



FONTE: MME (Ministério das Minas e Energia), 2003.

NOTA: unidade em 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

O gás natural pode ser encontrado junto ao petróleo de duas formas:

- Associado no reservatório: o gás está dissolvido no óleo sob a forma de capa de gás.
- Não associado no reservatório: o gás está livre ou presença de quantidades muito pequenas de óleo.<sup>11</sup>

No Brasil o gás natural tem sido aplicado em indústrias, veículo como carros e ônibus e na geração de energia elétrica, como as termoeletricas. "A utilização do gás natural para gerar eletricidade aumenta nossa dependência de energia não renovável, que já representa quase 60% da matriz", diz o professor

<sup>11</sup> Definições de acordo com a Petrobrás.

Edmilson Moutinho dos Santos, do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE/USP).

Apesar de o gás natural ser um combustível bem mais limpo do que o petróleo, seu uso aumenta as emissões brasileiras de gases do efeito estufa e de alguns poluentes hoje pouco importantes, como os óxidos de nitrogênio e o dióxido de enxofre.

Os óxidos de nitrogênio contribuem para a formação do ozônio de baixa altitude, o chamado "ozônio ruim", associado a doenças respiratórias. O dióxido de enxofre é o causador da chuva ácida.

No Brasil a produção de gás natural, segundo a Petrobrás, está na ordem de 31 milhões de metros cúbicos ao dia.

### 3.1.3. Xisto.

As reservas de xisto, diferentemente das outras reservas fósseis, são muito maiores e são encontradas em diversos países, como Brasil, Estônia, Estados Unidos, Canadá, União Soviética. Porém foram os EUA, os primeiros a explorar este recurso natural.

O xisto é uma rocha sedimentar composto por um complexo orgânico, o querogênio. Aquecido à cerca de 500° C, podemos obter o óleo cru, que devidamente processado pode nos gerar produtos que eram oriundos somente do petróleo como a nafta, gasolina, óleo combustível e gás liquefeito de petróleo.

O processo de produção dos derivados do xisto envolve uma quantidade muito grande de água, que em certas regiões do mundo, é escassa. Outra variável que prejudica uma maior exploração do xisto, atualmente, é que a partir de exata uma tonelada de rocha, só obtém por volta de 100 litros de óleo cru. Estes fatores tomam a exploração do xisto inviável em certas economias, pois a rentabilidade é muito baixa.

### 3.1.4 Carvão.

As reservas de carvão são, hoje em dia, maiores que as do petróleo.

Esta fonte energética só não é mais explorada, com tanto empenho, por questões ambientais, pois a queima deste elemento produz a emissão de enxofre na forma SO<sub>x</sub> que reage com a água formando ácidos nocivos a saúde, o que ao meu modo de ver, tira-o da disputa de fonte energética para o futuro.

### 3.2. FONTES RENOVÁVEIS.

Ao contrario das fontes não-renováveis, estas tem como característica o não esgotamento de suas fontes de energia. Dentro desta categoria, podemos encontrar elementos energéticos mais socializáveis com o meio ambiente.

As fontes renováveis vêm ganhando espaço no mundo, em função dos impactos ambientais maléficos ocasionados pela queima de alguns combustíveis fósseis e pelo inevitável esgotamento das reservas mundiais de petróleo, como afirma Rozana Zau Mafra:<sup>12</sup>

“A escassez das fontes de energia não-renováveis (os combustíveis fósseis), tão temida quanto a fome, ainda não chegou, mas as reservas de combustíveis fósseis vão acabar e é quando as fontes renováveis de energia (solar e a eólica, por exemplo) ganharão terreno. Antes destas energias, porém, o mundo passará por uma transição baseada no gás natural, mais limpo - ou menos poluente entre os combustíveis fósseis.

Estudos prevêm que o gás natural deverá superar o petróleo como a maior fonte de energia do mundo durante os próximos 50 anos, ocorrendo assim a transição para as fontes renováveis - a solar e a eólica - que começarão a predominar. O uso de combustíveis fósseis, porém, vai continuar por muito tempo pois ainda há 2 bilhões de pessoas que vivem sem eletricidade. Isto significa que fontes renováveis terão um papel predominante, mas o mundo continuará usando quantidades maciças de todos os combustíveis fósseis.”<sup>13</sup>

Para se ter idéia de como andam as pesquisas ou os interesses em se explorar mais estas fontes energéticas, basta recordarmos o que o presidente da Petrobrás disse em uma palestra na Semana Nacional do Meio Ambiente, promovido pela estatal com o apoio da Fundação Getúlio Vargas (FGV), sobre

---

<sup>12</sup> Rozana Zau Mafra é doutoranda em Economia Agrícola e Ambiental.

<sup>13</sup> MAFRA, R. Z.; Energia limpa deve substituir combustíveis não-renováveis.

os futuros investimentos da empresa. Segundo o ex-presidente da Petrobrás, Henri Philippe Reichstul, a empresa investirá US\$ 25 milhões por ano até 2005 em pesquisa de energia renovável. Segundo Reichstul, a Petrobrás será, cada vez mais, uma empresa de energia, e não apenas de petróleo e gás.<sup>14</sup>

### 3.2.1. Energia Solar.

A energia solar é mais antiga energia existente no mundo. É a partir dela que a vida na terra se tomou possível, pois sem ela nosso planeta seria a região mais fria, por falta de calor, as plantas, que são os mais antigos seres vivos atualmente conhecidos, sem a energia solar jamais seriam capazes de realizar a fotossíntese e gerar seu próprio alimento.

As aplicações da energia solar nos dias atuais estão mais relacionadas a sistemas de aquecimento e geração de energia elétrica, podendo desempenhar a função de outras fontes de energia sem nada deixar a desejar.<sup>15</sup>

### 3.2.2. Energia Eólica.

O uso da energia eólico é muito antigo, e o homem já utilizava como forma de convertê-la em trabalho útil.

O fenômeno de formação de ventos se dá pelo aquecimento desigual que ocorre na superfície do planeta Terra. A massa de ar que se apresenta com maior temperatura, diminui sua densidade. Essa massa de ar sobe na atmosfera. O espaço deixado pela massa é ocupado por uma massa de ar de maior densidade e menor temperatura, ocorrendo assim, uma movimentação de massas. Esta movimentação de massas caracteriza a convecção térmica, isto é, o vento, que nós sentimos em nossa pele e que tem energia aproveitável.

---

<sup>14</sup> Semana Nacional do Meio Ambiente. Petrobrás investirá em pesquisa com energia renovável. Disponível em: [www.dep.fem.unicamp.br/boletim/BE14/jun\\_07\\_1.htm](http://www.dep.fem.unicamp.br/boletim/BE14/jun_07_1.htm). 2000.

<sup>15</sup> Por hora é o que nos basta saber sobre energia solar, pois o assunto será retomado, com mais ênfase, no terceiro capítulo.

O conceito físico de energia se refere ao movimento. Tudo que tem movimento possui energia.

A energia eólica pode ser convertida em energia útil por dois tipos de sistemas definidos:

- Um de simples construção, o "moinho de vento", que a civilização usa há mais de 300 anos para produção de energia mecânica. São aqueles moinhos que são característicos dos países baixos como a Holanda.
- O outro, mais modernos, e com um melhor aproveitamento da energia e que serve para produzir energia elétrica, são os aerogeradores.

Mas não só na forma de moinhos e aerogeradores encontramos sistemas de aproveitamento de energia eólica. Um exemplo marcante na história da humanidade foram as caravelas e naus<sup>16</sup>, que desbravaram os mares para explorar regiões muito distantes. E assim se deu o processo de exploração das colônias portuguesas e espanholas, e mais tarde inglesas, francesas, holandesas, etc.

A disponibilidade de energia eólica está ligada a diversos fatores, dentre os quais, físicos e geológicos. A formação da energia eólica se dá devido à diferença de aquecimento da superfície terrestre. Isto acontece por vários motivos. Um deles é a inclinação do eixo terrestre, fazendo com que os raios solares cheguem inclinados à superfície. Portanto, a disponibilidade de energia eólica é variável de várias maneiras: depende da hora do dia, da estação do ano, e de outros aspectos climáticos. A diferenciação de aquecimento da superfície, modifica a densidade do ar (por densidade, defini-se a relação entre a massa e o volume ocupado pela mesma). O ar mais quente é menos denso e sobe na atmosfera. O vazio deixado por ele é ocupado por uma massa de ar mais frio, que possui maior densidade. Esta diferença proporciona um deslocamento de

---

<sup>16</sup> Antigo navio redondo, tanto na forma do casco quanto no velame, de grande tamanho, com acastelamentos na proa e na popa. Inicialmente possuía apenas um mastro, porém ao final do séc XVIII tinha três mastros. Era usada tanto no transporte como na guerra.



massas denominada correntes de convecção. O movimento das massas é dotado de um tipo de energia denominada Energia Cinética.

Para medir a velocidade do vento, são utilizados os anemômetros, que são dispositivos semelhantes a um moinho de vento. Com a velocidade, podemos estimar a potência disponível pela equação I:

$$P = 0,63 \left( \frac{v}{10} \right)^3 \quad (I).$$

onde  $P$  é potência em kW (quilowatt) por metro quadrado e  $v$  é a velocidade do vento em metro por segundo.

Um detalhe a respeito desta equação é proporcionalidade ao cubo, o que faz com que, para pequenas reduções na velocidade do vento, há uma grande perda de potência.

A estimativa da velocidade do vento tem que levar em consideração a altitude, pois ela aumenta em função da altura em relação ao solo, de acordo com a equação II:

$$v = v_0 \left( \frac{h}{h_0} \right)^\alpha \quad (II).$$

onde  $V$  é a velocidade do vento à altura  $h$ ;  $V_0$  é a velocidade do vento à altura  $h_0$  de referência;  $\alpha$  é o coeficiente do perfil do vento à vertical, tendo como valores referenciais 0,16 para terrenos planos; 0,28 para terrenos acidentados e arborizados; 0,40 para as cidades.

As correntes de vento são influenciadas por algumas condições geográficas como as seguintes:

- As melhores condições são observadas nos litorais e no mar, com diminuição a partir de 1km do litoral para o interior.
- Segue-se como melhores lugares as montanhas.

- As planícies possuem os mais baixos níveis de incidência de ventos.

O clima é um outro parâmetro importante para a estimativa de incidência de ventos, tendo na região equatorial úmida uma região praticamente sem vento, mesmo no mar ou litoral. Em climas quentes a energia eólica conversível é boa, bem como nos climas quentes ou secos. Em países quentes e ventosos, a energia eólica não pode ser aproveitada devido à incidência de ciclones.

O rendimento de um gerador eólico é expresso pela relação entre a velocidade da ponta da pá e a velocidade do vento. Outro fator que influencia o aproveitamento da energia eólica é o tipo de rotor. O rotor com duas pás tem um melhor desempenho que um rotor de mais pás e, para cada tipo de rotor há uma velocidade mínima para operar, onde abaixo dela o rotor não inicia a operação, devido a perdas de energia, principalmente por atrito.

No Brasil temos a região nordeste como maior representante na exploração desta energia para suprir a sua demanda por energia elétrica.

### 3.2.3. Biomassa.

Dentro da biomassa podemos extrair diversos combustíveis como o álcool etílico, biogás e o carvão vegetal.

#### 3.2.3.1. Álcool Etilico.

A crescente necessidade pela substituição do petróleo levou muitos países a pesquisar e produzir combustíveis e matéria-prima alternativas. No Brasil, 85% do álcool etílico produzido destina-se a anidro (composto para mistura com a gasolina) e hidratado (em veículos desenvolvidos para esse tipo de combustível). O Desenvolvimento da produção de álcool no Brasil deve-se ao Programa Proálcool (Programa Nacional de Álcool) que surgiu com o objetivo de reduzir a dependência externa do país e proteger a indústria açucareira. Em

1977/1978 a produção de álcool sofreu um crescimento de 130%, passando de uma produção de 664.000 mil m<sup>3</sup>/safra para 1.470.400 m<sup>3</sup>/safra.

Junto ao aumento da produção houve aumento do número de destilarias e capacidade das usinas junto ao aumento das áreas plantadas, atingindo cerca de 4.200.000 hectares; destes 70% localizavam-se na região Centro-Sul e 30% na região Norte-Nordeste.

O Brasil é o maior produtor de álcool do mundo. A produção de álcool a partir do melaço (subproduto do açúcar) envolve duas etapas:

- Fermentação: compreende desde a preparação do melaço e sua diluição até a concentração necessária para início do processo fermentativo, adição de nutriente e anti-sépticos. Dentro da mistura resultante ou mosto introduz-se o fermento ou levedo alcoólico.

- Destilação: após período de 10 horas, o mosto que agora se chama vinho (com concentração de cerca de 10% em peso) passará pela destilação onde poderá ser concentrado até 93% em peso (álcool hidratado) ou 99,7% em peso (álcool anidro).

A produção do álcool a partir do melaço envolve as etapas de lavagem, moagem e preparação dos caldos nas concentrações favoráveis para o desenvolvimento da fermentação, seguindo seqüencialmente da mesma forma que ocorre com o melaço. Os resíduos desse processo são o bagaço e o vinhoto ou vinhaça. O primeiro é reaproveitado sendo utilizado como fonte de energia na produção de açúcar e álcool; o segundo é constituído por 98% de água, sendo um resíduo muito poluente, pode ser utilizado para produzir gás metano.

O álcool também pode ser produzido a partir de outra fonte, que é a mandioca. A produção de álcool a partir da mandioca consiste em duas fases:

1ª) subdivide-se em lavagem, moagem, preparo do mosto e sacarificação, nessa etapa o amido da mandioca é transformado em açúcares fermentescíveis.

2ª) subdivide-se nas etapas de fermentação e destilação semelhante a outros processos, porém difere pela não utilização da levedura e tempo de fermentação que se faz em mais ou menos 70 horas.

O Álcool anidro é utilizado em mistura com a gasolina, pois são miscíveis em quaisquer proporções, o mesmo não ocorre com o álcool hidratado, pois o teor de água impossibilita sua mistura com a gasolina. O Índice de octano pode ser obtido pela comparação com misturas padrões de isoctano (antidetonante) - índice 100 (cem) e heptano normal puro (detonante) – índice 0 (zero), exemplo: uma gasolina com mistura de 70% de isoctano e 30% de heptano possui índice de octano equivalente a setenta. Uma das maneiras pelas quais se consegue aumentar o índice de octano na gasolina, se faz com a adição de  $(C_5H_5)_4Pb$  (chumbo tetraetila - CTE), numa quantidade que não exceda 0,80 ml/litro. O CTE é uma substância altamente venenosa e causador de intoxicação através da inalação ou absorção pela pele.

Além da utilização do álcool como combustível, ele pode ser utilizado em bebidas, solventes, produtos farmacêuticos e alcoolquímica. Por exemplo, a partir do álcool etílico podem ser obtidos eteno e aldeído acético que têm uma gama de aplicações na indústria. O álcool etílico pode: substituir o óleo diesel, da nafta para geração de gás doméstico e do óleo combustível para alimentação de caldeiras e turbinas.

### 3.2.3.2. Biogás.

O Brasil dispõem de condições climáticas favoráveis para explorar a imensa energia derivada dos dejetos animais e restos de cultura, e liberar o gás de bujão e o combustível líquido (querosene, gasolina, óleo diesel), para o homem urbano aliviando com isso o país de uma significativa parcela de importação de derivados do petróleo.

No Brasil os estudos com biogás foram iniciados de maneira mais intensa em 1976, entretanto, os resultados alcançados já nos asseguram um bom domínio tecnológico e podemos nos qualificar como aptos a desenvolver um vasto programa no âmbito nacional com biogás, seja no setor agrícola ou no setor industrial.

A fermentação anaeróbica é um processo biológico que ocorre devido à ação de bactérias. Evidentemente que quando maior a população bacteriana

mais eficiente e rápido será a fermentação. Os nutrientes são de origem orgânica e inorgânica, destacando-se principalmente os elementos carbono, nitrogênio-nitrato, fósforo (fosfatos) e enxofre (sulfatos). A produção de biogás se dá através da decomposição bacteriana de matéria orgânica em solução (com concentração adequada para não provocar toxidez) sob condições anaeróbicas, podendo ser realizada em três fases: 1) fase de hidrólise; 2) fase ácida; 3) fase metagênica.

- Fase de hidrólise: nesta fase as bactérias liberam no meio as chamadas enzimas extracelulares, as quais irão promover a hidrólise das partículas e transformar as moléculas maiores em moléculas menores e solúveis ao meio.

- Fase Ácida: nesta fase, as bactérias produtoras de ácidos transformam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos orgânicos (ácido láctico, ácido butílico), etanol, amônia, hidrogênio e dióxido de carbono e outros.

- Fase Metanogênica: as bactérias metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono, transformando-os em metanol ( $\text{CH}_4$ ). Esta fase limita a velocidade da cadeia de reações devido principalmente à formação de microboihas de metano e dióxido de carbono em torno da bactéria metanogênica, isolando-a do contato direto com a mistura em digestão. Razão pela qual a agitação no digestor é prática sempre recomendável, através de movimentos giratórios do gasômetro.

Depois de passarem no digestor, os resíduos sobrantes apresentam alta qualidade para uso como fertilizante agrícola, devido principalmente aos seguintes aspectos: diminuição no teor de carbono do material, pois a matéria orgânica ao ser digerida perde exclusivamente carbono na forma de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ . O processo de fermentação se realiza com melhor eficiência nas seguintes condições relacionadas a: impermeabilidade ao ar, temperatura adequada, nutrientes, teor de água. Entretanto em clima tropical onde a temperatura é praticamente constante com média acima de  $20^\circ\text{C}$ , os digestores dispensam sistemas adicionais para aquecimento. Entretanto, em regiões onde

a temperatura cai, durante um certo período do ano, esses sistemas são necessários a partir da análise entre a quantidade de energia gasta para aquecer o biodigestor e a quantidade de gás metano (CH<sub>4</sub>) produzida, não podendo ser igual ou inferior a quantidade de calor gastas no processo.

A produção de biogás representa um avanço importante no sentido da solução do problema da disponibilidade de combustível no meio rural, devido, por conseguinte, interessar a toda a população nele residente.

- A redução das necessidades de lenha poupa as matas.
- Estímulo à agricultura, promovendo a devolução de produtos vegetais ao solo e aumentando o volume e a qualidade de adubo orgânico.
- Os excrementos fermentados aumentam o rendimento agrícola.
- Elimina os custos do transporte de bujão de gás dos estoques do litoral ao interior.
- O uso do biogás na cozinha é higiênico, não desprende fumaça e não deixa resíduos nas panelas. As donas de casa ficam livres de pesadas tarefas domésticas, de mobilizar carvão e lenha para a cozinha.
- Representa um recurso eficiente para tratar os excrementos e melhorar a higiene e o padrão sanitário do meio rural.

O lançamento de dejetos humanos e animais num digestor de biogás soluciona o problema de dar fim aos ovos dos esquistossomos e ancilóstomos, bem como de bactérias, bacilos disentéricos e paratíficos e de outros parasitas. O número de ovos de parasitas encontrados no efluente em 99%, após a fermentação.

### 3.2.3.3. Carvão Vegetal.

Madeiras mais densas e troncos mais finos produzem carvão mais densos. A carbonização mais lenta quebra menos o carvão em relação à rápida e temperaturas de carbonização produzem carvão com alto teor de carbono, porém frágeis e facilmente tornam-se grãos.

O carvão vegetal pode ser armazenado indefinidamente. Existem várias maneiras de se estocar o carvão, porém a mais utilizada (baixo custo) é a baia. A baia possui em geral 15m de base, 50 a 100m de comprimento e 4,5 a 6 metros de altura, as laterais são formadas por mourões de madeira que sustentam uma tela de aço de 1,20m de altura de malha retangular de 6 por 12 polegadas. Os cuidados que se deve ter com as baias:

- Toda baia deve ser coberta com lona ou plástico para evitar que o carvão se molhe.
- O espaço mínimo entre baias deve ser de 10 metros.
- Quando a temperatura começa a subir em alguma baia pode ser sinal de início de fogo, percebendo-se pela fumaça ligeiramente azulada que surge.

### 3.2.4. Energia Hídrica.

O Brasil é um país potencialmente favorável à exploração deste tipo de energia, pois possui uma grande quantidade de rios represáveis. Mesmo tendo tantas qualidades, a energia gerada pelas hidrelétricas não contribui com um percentual muito alto na geração de energia. No início do século, participava com uma pequena parcela da soma de energia primária. Hoje, essa contribuição aumentou expressivamente. Este crescimento deveu-se principalmente pelo aumento das grandes usinas, como Itaipu, Xingó, ou seja,

grandes usinas e baixo custo pelo kWh. Nos EUA, Europa e Japão, este tipo de fonte serve como complemento às usinas térmicas, que são em maior número nesses países, pelas características de clima principalmente. Porém devemos destacar que nos dias atuais a geração de energia elétrica brasileira tem a força hídrica como a principal fonte geradora de energia elétrica, embora existam no Brasil outras fontes geradoras de energia elétrica como as termoelétricas e as termonucleares.

Para aproveitar a energia hidráulica, algumas características devem ser observadas:

- Em primeiro lugar, a precipitação pluviométrica, ou seja, a quantidade de chuvas que caem no país. Ela está sujeita às variações sazonais (referentes às estações) e às condições geográficas.
- Em segundo o número de rios;
- Em terceiro, os locais onde serão instaladas as represas. Neste caso deve-se preferir os locais onde seja muito estreito e ao mesmo tempo alto.
- A densidade demográfica. Países de elevada densidade não são recomendados para aproveitar este tipo de energia, principalmente se a usina exigir uma grande área para inundação.

Por estes pré-requisitos o Brasil se enquadra como poucos no mundo, pois possui muitos rios, chove bastante, e tem uma densidade demográfica relativamente baixa. Já os países onde cai muita neve, por exemplo, tem água para represamento em poucos meses do ano. Nestes países, normalmente as usinas armazenam água durante a primavera e verão para consumi-la lentamente no inverno. Caso a demanda seja maior que a capacidade reservada, eles fazem o bombeamento da água de volta para o reservatório para ser reutilizada e aumentado o rendimento da produção de energia hidráulica.

Há evidentemente desvantagens do uso de energia hidráulica. A principal desvantagem é com relação ao meio onde ela será inserida. Se for uma represa que provoque uma inundação em uma grande área, irá promover o desaparecimento de espécies da fauna e da flora, sem falar nas cidades que



já foram inundadas e desapareceram do mapa. Isto provoca o deslocamento de seres humanos e animais de seu habitat natural para outro, devendo sofrer conseqüências para a readaptação. Isto quando não há a sua extinção por completo, provocando evidentemente desequilíbrios no ecossistema importantes. O ideal para uma usina hidroelétrica é que haja uma grande altura e pouca inundaçãõ, isto porque, para a produçãõ efetiva de energia, o mais importante é que quanto mais alta for a área, mais energia será capaz de produzir.

### 3.2.5. Energia do Hidrogênio.

O hidrogênio é o primeiro elemento da tabela periódica, constituído apenas por um próton e um elétron, sendo assim, o elemento mais simples de todo universo. Por este motivo é um dos mais abundantes no universo, pois muitas estrelas, cometas e planetas são formados basicamente de hidrogênio. No caso das estrelas, é o combustível essencial para o fornecimento de energia para muitos sistemas planetários como o nosso. Um outro exemplo é o planeta Júpiter, que é formado de hidrogênio nas fases líquida, gasosa e sólida.

Ambientalmente a utilização do hidrogênio é extremamente benéfica, pois após o seu processo de combustão nas células, obtemos como resíduo água.

No nosso planeta só é possível encontrá-lo associado a outros elementos como a água, sendo necessário energia para obtê-lo.

O gás hidrogênio  $H_2$  é explorado para uso em motores à combustão e células de combustível. Basicamente temos duas maneiras de obter o hidrogênio.

- Eletrólise: usa-se energia elétrica para promover a quebra da molécula de  $H_2$ .

- Síntese: a partir de substâncias como biomassa e carvão, pode-se obter o hidrogênio.

A tecnologia de obtenção de hidrogênio para exploração energética no nosso país já é uma realidade, o que podemos considerar que o Brasil já está preparado para esta nova era, a do hidrogênio. A UNICAMP domina vários métodos:

- Eletrólise da água.
- Decomposição da amônia.
- Reação de hidretos metálicos.
- Ligas de ferro-titânio.
- Níquel-magnésio.

A maioria das células de combustível usam o hidrogênio para produção de energia e água. Esta é a forma usada pela NASA em seu programa espacial. A água de reação é aproveitada para uso da tripulação para beber.

#### 4. ENERGIA SOLAR.

No Brasil o sistema de geração de energia elétrica está assentada na força hídrica, como vimos anteriormente. Embora esta fonte energética seja renovável vimos que em 2001 as chuvas não foram capazes de reabastecer os reservatórios brasileiros, acarretando em uma crise energética. O efeito desta crise poderia ter sido menor se o sistema elétrico não estivesse preso, na sua maioria, em apenas uma fonte. A energia solar, como veremos a seguir, poderia reduzir os efeitos desta crise se fosse explorada com maior empenho, pois em horários de pico, a energia solar seria capaz de suportar por completo a demanda de chuveiros elétricos principalmente por ser uma fonte extremamente renovável, como será demonstrado mais a frente.

Podemos dizer, sem receio de errar que a maior parte da energia de que dispomos provém do Sol. Os alimentos que consumimos são o resultado da conversão da energia solar através da fotossíntese realizada pelas plantas. A atual comunidade global tem como matriz energética o petróleo e seus derivados, que tem como fonte a energia solar, armazenada durante milhões de anos na forma de combustíveis fósseis. Entretanto a energia solar na forma direta também pode ser aproveitada e possui características importantes em comparação com outras formas de energia, principalmente no aquecimento de ambientes e de líquidos.

A energia solar é das fontes energéticas a mais renovável entre todos, pois tem como fonte geradora o Sol<sup>17</sup>, que por muitos e muitos anos ainda estará brilhando e enviando radiação para a Terra. Em comparação com outras energias, ela não é poluente e ao contrário da energia hídrica não necessita de excluir dos territórios, porções gigantescas a serem alagadas, pois segundo a ABRAVA (Associação Brasileira de Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento), para cada um metro quadrado de coletor solar instalado evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras férteis, na construção de novas usinas hidrelétricas. Também possui a vantagem de estar por todo o território

---

<sup>17</sup> Podemos afirmar que o Sol é uma fonte extremamente renovável, considerando que segundo os cientistas, o Sol ainda possui um vida de milhões de anos antes do seu combustível, no caso o hidrogênio se acabe, e que o Sol venha a se tornar um buraco negro.

nacional sem ter a necessidade de ser transportada por todo ele, devido ao vasto território brasileiro.

Hoje no Brasil a usina hidroelétrica de Itaipu é responsável por atender a 25% da demanda por energia elétrica nacional. Em Itaipu estão em funcionamento 18 geradores de 700W de potência, o que é capaz de alimentar um cidade de aproximadamente 2 milhões de habitantes, segundo o departamento técnico da hidroelétrica, o que a torna a maior hidroelétrica do mundo. Para poder gerar toda energia que a ela é demandada, ela possui uma área alagada de aproximadamente 1 350km<sup>2</sup>.

Uma grande diferença entre a energia solar e as outras fontes energéticas é que a aplicação desta energia e a geração da mesma estão localizadas sobre o mesmo território, ou seja, cada unidade consumidora é também uma unidade produtora de energia. Desta forma se desejássemos substituir toda uma Itaipu por um sistema de geração de energia solar (em termos de potência para aquecimento de água), necessitaríamos de aproximadamente 24km<sup>2</sup> de coletores solares para poder gerar a mesma quantidade de energia. Isto nos daria a chance de ganhar 1.326km<sup>2</sup> de áreas férteis para o cultivo.

A utilização da energia solar é uma das mais antigas, pois muitas civilizações antigas como os índios pré-incaicos, já utilizavam-na para preservação de alimentos secando-os ao sol. No nordeste brasileiro e litoral, esta prática se dá como a prática de secagem de peixes e carnes como forma de ampliar o tempo de consumo desses alimentos.

As aplicações atuais são mais bem estruturadas para atender a uma concepção moderna de vida.

O Brasil é privilegiado, geograficamente, duas vezes em relação a capacidade de gerar energia a partir do sol, pois é dos países do mundo, o 5º maior em território e tem, excluindo o sul do estado de São Paulo e toda a região Sul, concentrado entre os trópicos, onde há uma grande incidência de raios solar, matéria-prima essencial para se obter energia a partir do sol.

A tecnologia do aquecedor solar já vem sendo usada no Brasil desde a década de 60, época em que surgiram as primeiras pesquisas. Em 1973, empresas passaram a utilizá-la comercialmente.

Do mesmo jeito que outras fontes energéticas possuíam mais de uma possibilidade de aplicação, como o carvão, a energia solar também permite esta possibilidade de ser amplamente empregada. Hoje em dia a energia solar é mais aplicada na geração de energia elétrica, aquecimento de água, aquecimento de ambientes entre outros.

É na geração de energia elétrica, que os estudos e custos de transformação são maiores, pois os materiais que são utilizados são caros e a aplicação final da energia elétrica gerada é pouco utilizada, segundo cientistas da USP.

Entretanto muito se busca desenvolver esta tecnologia de aplicação de energia solar elétrica, principalmente para escapar das dependências energéticas atuais e dos efeitos prejudiciais que os resíduos gerados pelas mesmas podem nos oferecer, como a poluição gerada pelos automóveis.

Em 2003, alunos da USP, desenvolveram dois carros solares, o The Banana Enterprise e o Citizen Eco-Drive. Veículos solares como esses, podem percorrer três mil quilômetros utilizando energia equivalente àquela contida em apenas cinco litros de gasolina. Com uma potência igual a de um secador de cabelos, conseguem atingir a velocidade de 120 quilômetros por hora.

No aquecimento de ambientes, a energia solar é aplicada de forma direta, utilizando-se da teoria que todos os corpos são capazes de radiar calor. Desta forma permite-se que a simples luz solar penetre em ambientes fechados ou semifechados através de janelas ou de tetos solares, permitindo que ocorra o aquecimento do ambiente.

Na Califórnia existe uma central termoeiétrica que utiliza a energia solar para gerar energia elétrica. Durante as horas de luz solar, um grande conjunto de espelhos parabólico concentra, para uma só direção os raios solares. Estes raios aquecem um óleo em uma tubulação que posteriormente transforma a água de um reservatório em vapor, gerando assim uma pressão na turbina geradora de energia elétrica. Porém este tipo de sistema é muito caro, pois necessita de um comando computadorizado que movimenta os espelhos de acordo com a movimentação da Terra em relação ao Sol. Outra desvantagem é que durante a noite esta termoeiétrica tem que funcionar com gás, para manter a demanda de energia elétrica.

Já no aquecimento de água as aplicações mais comuns da utilização da energia solar são em residências, hotéis, motéis, hospitais, vestiários e restaurantes industriais; sendo também cada vez mais empregada no aquecimento de piscinas. Em Belo Horizonte já são mais de 950 edifícios que contam com este benefício e, em Porto Seguro 130 hotéis e pousadas. Aumenta também sua aplicação em conjuntos habitacionais e casas populares, como nos projetos Ilha do Mel, Projeto Cingapura, Projeto Sapucaias em Contagem, Conjuntos Habitacionais SIR e Maria Eugênia (COHAB) em Governador Valadares.<sup>18</sup>

#### 4.1. CONVERSORES SOLARES.

Como vimos a energia solar pode ser utilizada de várias formas, entretanto para que se possa utilizar a energia solar da maneira mais apropriada a nossas necessidades, temos que utilizar conversores distintos para cada aplicação.

Na geração de energia elétrica, em pequena quantidade, utiliza-se os conversores fotovoltaicos ou termoelétricos.

O sistema fotovoltaico utiliza-se de células de materiais específicos, como o silício e outros semicondutores, que tem a propriedade de em contato com os fótons contidos na luz produzem energia elétrica em função do estímulo dados aos elétrons. Já nos conversores termoelétricos a conversão é feita em função da dilatação térmica de dois materiais, específicos, que estão unidos e que ao se dilatarem de forma diferente eles acabam por criar uma força eletromotriz que posteriormente é ampliada para ser transformada em energia elétrica.

Embora tenhamos visto e defendido a utilização da energia solar para substituir outras fontes de energia, temos que concordar que na geração de energia elétrica os meios e mecanismos de conversão da energia solar em energia elétrica são demasiadamente custosos financeiramente, devido aos

---

<sup>18</sup> Informações coletadas junto a DASol (Departamento Nacional de Aquecimento Solar), que atua junto a ABRAVA.

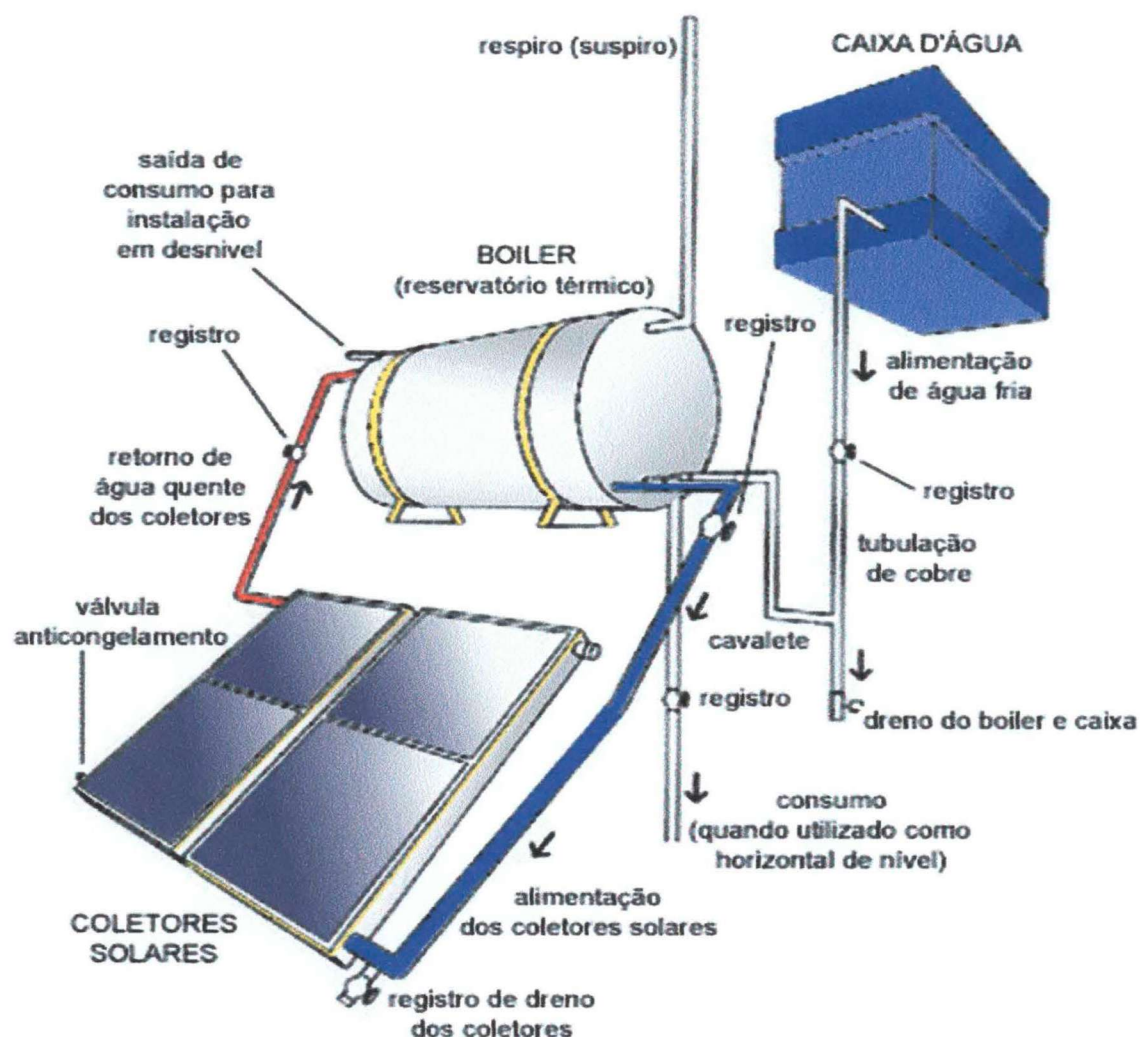
elementos metálicos que constituem os conversores fotovoltaicos e termoelétricos.

Quando falamos na utilização de aquecimento de água utilizando a energia solar estamos nos concentrando na aplicação residencial deste recurso. Diferentemente dos conversores fotovoltaicos e termoelétricos, os coletores solares utilizam-se de conceitos mais simples e materiais mais baratos.

Os coletores solares são dispositivos que transformam a luz do sol em calor. Para isso aproveita-se de características dos materiais como emissão, absorção e reflexão de luz e calor. Todos os corpos irradiam ondas eletromagnéticas e que dependem da temperatura. É o que denominamos de radiação térmica. Um corpo ideal emite toda a radiação possível a uma dada temperatura é chamado de corpo negro. O princípio de funcionamento dos coletores solares é o efeito estufa. Todo corpo exposto a radiação tende a se aquecer por absorção de energia e de acordo com a cor deste corpo este aquecimento se dará mais ou menos rápida. Para placas absorvedoras dos coletores é usada a cor preta fosca, pois possui maior capacidade de absorção calorífica. A luz solar, ao incidir sobre a superfície, aquece, mas também há uma emissão de energia ultravioleta. Para garantir que a energia fique confinada, os coletores solares são construídos como recipientes na forma de caixas de forma a que haja o máximo de aproveitamento dessa energia radiante. A energia que irradia da placa absorvedora é retida pela placa de vidro plano proporcionando o denominado efeito estufa, semelhante ao que acontece quando entramos em nosso carro após ficar exposto ao Sol por muito tempo.

Este tipo de coletor é mais utilizado para aquecimento de água, bastando que se coloque acoplado uma tubulação na parte interna, próximo à placa absorvedora e que se tenha uma caixa de água com isolamento térmico para evitar dissipação de energia. A seguir podemos visualizar como é feita a utilização deste coletor no aquecimento da água de uma residência.

FIGURA I: SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA.



FONTE: SOLETROL.

No circuito acima vemos a movimentação da água por todo o sistema de aquecimento. O início do aquecimento se dá junto à alimentação da caixa d'água, que é abastecida com água da rua, ou seja, água fria.

A água que está armazenada na caixa d'água entra no boiler, que é um reservatório térmico, e chega aos coletores (circuito em azul), no coletor a água é aquecida e por um fenômeno físico chamado fotossifão, a água mais quente vai se posicionar na região mais alta que lhe é permitido chegar, ou seja, a água que entrou no coletor sai aquecida pela parte de cima e entra no boiler pela parte superior (circuito em vermelho).

Dentro do boiler a água quente e fria ficam separadas em função da diferença de temperatura que existe entre elas. Ainda no boiler podemos ver



que a entrada de água fria está localizada na parte inferior e no lado oposto a saída de água quente, esta por sua vez encontra-se na parte superior. Este posicionamento não é por acaso. Quando se abre o registro do chuveiro, de água quente, o boiler deixa escapar a água quente, pois é este encanamento que está ligado ao registro de água quente. A água fria que entra no boiler vai ocupar o espaço deixado pela água quente, desta forma ela vai pressionando a saída da água quente.

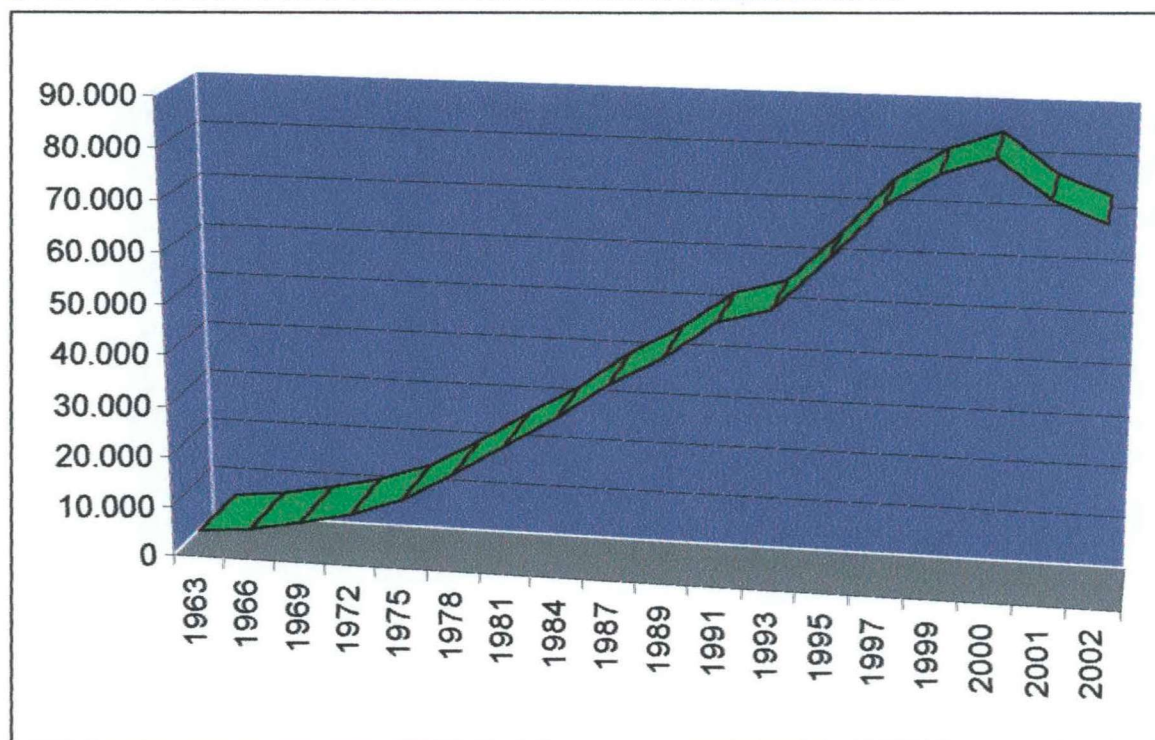
O chuveiro pode operar com as duas fontes da água normalmente, sendo elas misturadas ao se abrir ambos os registros de água quente e fria, adequando a temperatura do banho de acordo com a sensibilidade de cada um.

#### 4.2. ENERGIA SOLAR NOS CHUVEIROS ELÉTRICOS BRASILEIROS.

Como vimos no capítulo anterior, o crescimento e desenvolvimento do Brasil aumentaram o consumo de energia elétrica nacional bem como o número de habitantes que passaram a usufruir desta energia. Tais benefícios foram conquistados a partir de projetos feitos pelo governo nacional e ultimamente tem sido levado a diante pela Eletrobrás, como luz no campo, que levou energia elétrica a centenas de famílias do interior brasileiro. Este e outros programas de incentivo ao uso de energia elétrica fizeram com que o consumo de energia elétrica, em residências no Brasil, crescesse ao longo dos anos.

Por um longo período de tempo, a maior dificuldade do sistema elétrico nacional era encontrar recursos para construir linhas de transmissão que permitissem alcançar as mais longas distâncias para levar a família brasileira a energia elétrica, melhorando assim a condição de vida de muitos e o consumo de eletricidade.

GRÁFICO VI: CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL.



FONTE: ELETROBRÁS, 2003.

NOTA: valores em GWh.

Porém o que se percebeu em 2001 foi que o nível de desperdício de energia elétrica era em torno de 20% em todo o sistema elétrico nacional; e associado com as estiagens que não deixaram como que as chuvas abastecessem os reservatórios de energia, levaram o sistema elétrico nacional a uma crise, que ficou conhecida como “apagão”. Tal estiagem prejudicou a geração de energia elétrica brasileira pelo fato de concentrar na força hídrica a responsabilidade de gerar a maior quantidade de energia elétrica para satisfazer a demanda interna, o que poderia ser evitado se o sistema elétrico fosse mais abrangente explorando em maior quantidade outras fontes energéticas, sejam elas para também gerar eletricidade ou como no caso da energia solar, economizar o uso da eletricidade.

Durante o período em que os reservatórios nacionais estavam com suas reservas de água muito abaixo dos níveis que deveriam estar, a sociedade brasileira foi obrigada a passar por uma reeducação do uso e desperdício de energia elétrica em função dos riscos de terem as suas contas de luz

encarecidas, em função das metas de consumo estipuladas pelo governo, e em ultimo caso, o risco de ter um racionamento no fornecimento de energia.

Durante todo o ano da crise de abastecimento dos reservatórios de energia hídrica, a economia nacional sofreu queda de produção e prejuízos em vários setores. Porém dois setores viram nesta situação uma forma de crescer e ganhar dinheiro. O primeiro foi o setor de produção de geradores elétricos movidos a diesel e em segundo as empresas especializadas em habilitar residências ao consumo de energia solar para o aquecimento de água.

As empresa do ramo de aquecimento solar como a SOLETROL<sup>19</sup> estimou um crescimento de 300% de suas vendas neste ano de crise, segundo declaração de seu presidente Luis Augusto Mazzon.

A energia solar já vinha ganhando espaço no mercado em função das discussões em torno de se utilizar fontes de energia renováveis em troca das não renováveis e das vantagens que este sistema de aquecimento oferece aos seus usuários no consumo final de energia elétrica mensal e por consequência a redução do custo familiar de eletricidade.

O crescimento médio no setor, que já conta com aproximadamente 140 fabricantes e possui uma taxa histórica de crescimento anual de aproximadamente 35%, foi acima de 50% em 2001. Em 2002, foram produzidos no país 310.000 m<sup>2</sup> de coletores solares e espera-se um crescimento de 10% deste valor para o ano de 2003.

Segundo a ABRAVA até o ano de 2000, cerca de 250.000 coletores solares estão instalados em residências no Brasil e beneficiam mais de 500 mil residências, economizando energia elétrica equivalente ao consumo de uma cidade de 1,1 milhões de famílias. Estima-se que mais de dois milhões de pessoas já se beneficiam com a tecnologia do aquecedor solar, sendo aquecidos cerca de 200 milhões de litros de água para banho diariamente.

O crescimento do setor de energia solar teve seu crescimento em função de algumas variáveis como:

---

<sup>19</sup> A Soletrol desenvolve e produz há mais de 20 anos aquecedores solares para aquecimento de água em residências, piscinas, hotéis e muitas outras aplicações. A empresa possui a maior estrutura desse setor nas Américas, sendo líder no mercado nacional, com exportação para diversos países. Seus produtos são aprovados e etiquetados pelo INMETRO. [www.soletrol.com.br](http://www.soletrol.com.br).

- A divulgação dos benefícios do uso da energia solar;
- A isenção de impostos que o setor obteve;
- O financiamento da Caixa Econômica Federal aos interessados em implantar o sistema;
- O racionamento e incertezas no fornecimento de energia elétrica.

Porém em comparação com outros países, o Brasil se mostra muito atrás na exploração deste recurso energético. Calcula-se que só 2% deste mercado seja explorado, como podemos analisar no quadro a seguir:

TABELA III: RELAÇÃO DE COLETORES POR HABITANTES.

País	m2 de coletores por 100 habitantes
Israel	67,1
Áustria	17,5
Japão	7,9
Alemanha	5,1
China	3,2
Brasil	1,15
USA	0,1

FONTE: DASol (Departamento Nacional de Aquecimento Solar), 2000.

Os custos dos sistemas de aquecimento solar apresentaram significativa queda na última década. A tendência ao longo dos anos é a redução dos custos em função da escala de produção, dos avanços tecnológicos, do aumento da concorrência e dos incentivos governamentais.

Segundo dados colhidos junto a SOLETROL, para uma família de até quatro pessoas é recomendado um coletor solar que custa R\$ 800,00, que proporciona um consumo de 35% na conta de eletricidade. Ainda segundo esta empresa, o investimento feito com a aquisição deste equipamento, retorna ao bolso da família em no máximo 3 anos e o equipamento tem vida útil de mais de 20 anos e não exige manutenção durante todo este período.

No Brasil os chuveiros elétricos consomem 7% de toda a eletricidade produzida no país, no horário das 18 às 20 horas, enquanto a iluminação pública não consome mais que 3%.<sup>20</sup>

Todo ano o Brasil lança mão de um programa para reduzir o consumo de energia elétrica, conhecido como “horário de verão”. Este é o período de tempo em que a maioria de seus estados brasileiros adiantam seu relógio em uma hora, pois busca-se atingir a redução no consumo de energia elétrica, justamente no horário de maior consumo de energia, que é das 18 às 20 horas.

As empresas brasileiras têm buscado a utilização da energia solar para reduzir seus gastos mensais, aproveitando-se de economizar muito mais que uma família em função do número de funcionários que possui. Um exemplo que podemos vislumbrar é o da empresa Johnson & Johnson, localizada em São José dos Campos, SP. Em 2001 a empresa instalou em seu vestiário central um equipamento de aquecimento solar que tem a capacidade de armazenar 14 mil litros de água a uma temperatura de aproximadamente 55°C.<sup>21</sup> Antes de ser instalado, o consumo médio mensal de energia elétrica era de 13.000kWh. Atualmente este consumo de energia não ultrapassa de 130kWh,<sup>22</sup> que são resultantes de compensação ocorrida quando as resistências elétricas são acionadas em dias frios, por falta de incidência solar, ou seja, uma redução de 100 vezes no consumo de energia elétrica e por consequência, uma redução na necessidade de produzir energia elétrica.

A utilização da energia solar não se restringe somente a economia no custo e no consumo de energia elétrica, mas beneficia também o meio ambiente. Segundo a ABRAVA, para cada 1m<sup>2</sup> de coletor solar instalado, permite-se economizar 55kg de GLP/ano; 66 litros de óleo diesel/ano ou 215 kg de lenha/ano.

Estas são algumas das vantagens em se utilizar a energia solar como fonte alternativa de energia e fugir, mesmo que em pequeno grau, da dependência de fontes de energia não-renováveis e que terão num futuro não muito distante, o esgotamento de suas reservas energéticas.

---

<sup>20</sup> Buscou-se junto a ANEEL a quantidade de energia elétrica que é consumida neste período, porém devido a legislações que liga a ANEEL as concessionárias, esta informação não pode ser levantada pois não daria tempo de concluir este trabalho.

<sup>21</sup> Equipamento instalado pela SOLETROL.

<sup>22</sup> Programa de redução de consumo de energia da Johnson & Johnson.

#### 4.3. ESTUDO DE CASO – COLETORES SOLAR DA PETROBRÁS EM MINAS GERAIS.

Empresa como a Petrobrás que exploram fontes energéticas não-renováveis também se rendeu aos benefícios da exploração da energia solar para economizar energia elétrica. Na Refinaria Gabriel Passos - Regap, em Minas Gerais. No dia 20 de maio de 2003, o primeiro sistema termo-solar de grande porte da Petrobrás foi inaugurado pelo presidente José Eduardo Dutra e diretores da Companhia.

Com a instalação de 550m<sup>2</sup> de coletores solares certificados pelo Inmetro para aquecimento de água para banho nas dependências da refinaria, cerca de 600 usuários dos vestiários serão beneficiados. A previsão é de uma redução do consumo anual de energia elétrica da ordem de 300MWh.

O projeto é uma iniciativa da Gerência de Conservação de Energia e Energia Renovável da Companhia e servirá como um modelo para posterior multiplicação deste sistema em outras unidades que desejarem participar do Projeto Petrobrás de Energia Solar.

As ações em desenvolvimento em energia renovável abrangem as principais tecnologias com resultados comprovados, que tenham aplicação imediata nas próprias atividades da Companhia ou que possam vir a se tornar competitivas a curto e médio prazo. Isto, dentro do contexto energético pelo qual passa o Brasil, onde as fontes de geração de energia elétrica estão se diversificando.

## 5. CONCLUSÃO

Foi através dos anos que a ciência pode comprovar que as plantas utilizam a energia solar para poder produzir alimento através do processo conhecido como fotossíntese.

O homem dos tempos mais remotos já utilizava sua energia intracorpórea para satisfazer suas necessidades individuais e posteriormente quando deixou de ser nômade explorou melhor as outras fontes de energia como a energia animal. Mas foi a partir do incremento dos conversores de energia que o homem pode ampliar as aplicações e a exploração das fontes energéticas, pois com um conversor desenvolvido ficava mais fácil obter uma maior quantidade de trabalho sem ter que despender para isso a força braçal ou animal.

Os sistemas energéticos mundial e brasileiro foram caminhando para fontes energéticas não-renováveis criando uma armadilha para a futura sustentabilidade, pois a energia como foi visto é uma fonte essencial ao crescimento e desenvolvimento de uma nação.

O consumo de energia elétrica, como vimos, sempre se mostrou crescente, mesmo em tempos onde não houve grandes investimentos no setor. Porém o sistema elétrico brasileiro foi firmado no potencial hídrico do país, ou seja, prendendo seu sistema de geração de energia elétrica a uma fonte.

Apesar do Brasil ter um grande potencial hídrico e esse potencial ser renovável ele se mostrou deficiente em 2001, com a crise do “apagão” devido à época de estiagem que não possibilitou o reabastecimento dos reservatórios brasileiros.

A energia solar, pode em determinados momentos onde o consumo de energia elétrica é elevado, servir como fonte de energia substitua no aquecimento da água para o banho. O sistema elétrico tem então, na energia solar, uma válvula de escape, quando a demanda por energia elétrica é elevada, que é o período das 18 às 20 horas.

Para as famílias e as empresas que adotam o sistema de aquecimento solar, a recompensa aparece na redução da conta de luz e no tempo de retomo do investimento para adquirir este sistema de energia.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BUCKLEY, S. **A energia solar ao alcance de todos**. Mem Martins: Europa - America, 1979.

BEZERRA, A. M. **Aplicações térmicas da energia solar**. 2ª ed. João Pessoa: UFPB, 1986.

CALABI, A. S. **A energia e a economia brasileira: interações econômicas e institucionais no desenvolvimento do setor energético no Brasil**. São Paulo: Pioneira, 1983.

HEMERY, D., DEBIER, J., DELÉAGE, J. **Uma História da Energia**. Brasília: Edunb, 1993.

KEY WORLD ENERGY STATISTICS from the IEA.

Disponível em: [www.iea.org/statist/keyworld/keystats.htm](http://www.iea.org/statist/keyworld/keystats.htm). Acesso em: 01, fev. 2004.

GOLDEMBERG, J., JOHANSSON T. B., REDDY A. K. N., WILLIAMS, R. H. **Energy for a Sustainable World**. Wiley Eastern, 1993.

LEITE, A. D. **A Energia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

LESSA, C. **15 anos de política econômica**. São Paulo: Editora brasiliense, 1982.

LOUJUDICE, M. Sol e Gás Substituem Energia Elétrica no Chuveiro. **Valor Econômico**, 24, maio. 2002.

LUIZ, A. M. **Como aproveitar a energia solar**. São Paulo: E. Blücher, 1985.

MAFRA, R. Z. **Energia limpa deve substituir combustíveis não-renováveis**.



Disponível em: [www.ipcdigital.com/portugues/comunidade/485/index3.shtml](http://www.ipcdigital.com/portugues/comunidade/485/index3.shtml)

Acesso em: 22, set. 2003.

MIRANDA, A. Um Mercado Bem Aquecido pelo Sol. **Gazeta Mercantil**, pág C6, 08 nov. 2002.

PALZ, W. **Energia solar e fontes alternativas**. São Paulo: Hemus, 1981.

REZENDE, F. **Finanças Públicas**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.

SBRISSIA, A. C. **A luz solar utilizada como fonte alternativa de energia**. Curitiba, 1991.

SERRA, J. **Ciclos e Mudanças Estruturais na Economia Brasileira do Pós-Guerra**. Jul, 1981.

McPHILLIPS, M. **Viviendas com Energia Solar Pasiva**. México, DF: G. Gili. 1985.

#### **OUTRAS FONTES.**

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

<http://www.ambientebrasil.com.br>.

<http://www.alphasolar.com.br>.

<http://www.brasol.com.br>.

<http://www.iea.org>

<http://www.inee.org.br>

<http://www.mecanica.ufrgs.br/solar/TrabAquec.html>.

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

<http://www.pantho.com.br>.

<http://www.portalabrava.com.br>

<http://www.soletrol.com.br>.

<http://www.sunpower.com.br>.