

SILVIO LUIZ AMALFI

ENERGIA SOLAR

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação *Latu Sensu* em FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA, para obtenção do título de especialista em FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA.

Orientador

Prof. Carlos Alberto Alvarenga

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

SILVIO LUIZ AMALFI

ENERGIA SOLAR

Monografia apresentada ao departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação *Latu Sensu* em FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA, para obtenção do título de especialista em FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA.

APROVADA em ___ de _____ de _____.

Prof. _____

Prof. _____

Prof. _____

UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor e orientador Carlos Alberto Alvarenga, pelo apoio e encorajamento contínuos na pesquisa, aos demais Mestres da casa, pelos conhecimentos transmitidos, e à Diretoria da pós-graduação da Universidade Federal de Lavras, pelo apoio institucional e pelas facilidades oferecidas.

“A energia solar traz a esperança de se viver uma vida melhor, sem as preocupações de comprar combustíveis fósseis e sofrer problemas ecológicos.”

CARLOS HALBERT

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	6
RESUMO.....	7
1.	
INTRODUÇÃO.....	8
2. ENERGIA.....	10
2.1 FONTES DE ENERGIA.....	10
2.2 .FONTES ENERGÉTICAS NÃO RENOVÁVEIS.....	11
2.2.1 GÁS NATURAL.....	12
2.2.2 PETRÓLEO.....	13
2.2.3 CARVÃO.....	13
2.2.4 ENERGIA NUCLEAR.....	14
2.3.FONTES ENERGÉTICAS RENOVÁVEIS.....	16
2.3.1ENERGIA SOLAR.....	16
2.3.2.ENERGIA DA BIOMASSA.....	17
2.3.3 ENERGIA HIDRÁULICA.....	18
2.3.4 ENERGIA EÓLICA.....	19
3. O SOL.....	20
3.1 O	
ASTRO.....	20
3.2. HISTÓRICO.....	21
3.3.A CULINÁRIA SOLAR.....	23

3.4. CONVERSÃO DA ENERGIA SOLAR EM OUTRAS FORMAS DE ENERGIA.....	24
3.4.1 PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO (H ₂).....	24
3.4.2 A BIOMASSA E O APROVEITAMENTO INDIRETO DA ENERGIA SOLAR....	25
3.4.2.1 PRODUÇÃO DE MADEIRA.....	25
3.4.2.2.PRODUÇÃO DO ÁLCOOL.....	26
4. CAPTAR, APROVEITAR E TRANSFORMAR A ENERGIA SOLAR.....	28
4.1 COLETORES PLANOS.....	28
4.2 AQUECEDOR SOLAR.....	29
4.3 SECADOR SOLAR.....	30
5. PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA SOLAR EM ELÉTRICA.....	31
5.2 MÉTODO DE TRANSFORMAÇÃO DIRETA DA ENERGIA SOLAR EM ENERGIAELÉTRICA.....	32
5.2.1ENERGIASOLARFOTOVOLTÁICA.....	32
6. MEIOS ATUAIS MAIS UTILIZADOS NA OBTENÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	35
6.1 MALEFÍCIOS E NCONTRADOS EM MÉTODOS CONVENCIONAIS DE FABRICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	36
6.1.1POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	37
6.1.2 O EFEITO ESTUFA.....	37
6.1.3 TERMOELÉTRICAS.....	39

6.1.4 HIDROELÉTRICAS	40
6.1.5 ENERGIA NUCLEAR	40
7. O USO DA ENERGIA SOLAR.....	42
7.1 PANORAMA ATUAL.....	45
8. A HUMANIDADE E O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	47
8.1 CONSUMO RESIDENCIAL	47
8.2 GASTOS DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA RESIDÊNCIA.....	48
8.3 CONSUMO INDUSTRIAL.....	49
9. SOLUÇÃO..	50
9.1 O SOL E O CHUVEIRO ELÉTRICO.....	51
9.2 O SOL E O REFRIGERADOR.....	51
10. CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de funcionamento de uma usina termelétrica.....	12
Figura 2: Ilustração do funcionamento de uma Usina Nuclear	14
Figura 3: Comparativo de equivalência de fontes de energia não renováveis utilizado em termelétrica e em uma Usina Nuclear	15
Figura 4: Funcionamento de uma turbina movida pela força d água, em uma hidrelétrica	19
Figura 5: Diagrama esquemático de um coletor solar plano	28
Figura 6: Esquema de um aquecedor solar d'água	30
Figura 7: Esquema básico de um secador solar	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Uso da lenha no Brasil.....	26
Tabela 2: Comparativo de equipamentos no gasto de energia elétrica em uma residência	48

RESUMO

Energia é a capacidade de se realizar trabalho. Ao falar em energia, nos deparamos com a mais utilizada nos dias atuais: a energia elétrica. Várias são as formas de adquiri-la, porém uma das mais convencional se dá através da utilização de quedas d'água, ou chamadas Hidrelétricas. Tal método já mostrou algumas restrições ambientais como a falta de chuva, ocasionando racionamento e até “apagões”, como os presenciados no ano de 2001. Termelétricas também são utilizadas, na tentativa de suprir a demanda no caso de escassez de água. Este método consiste na queima de combustível fóssil (petróleo, gás natural ou carvão) para geração de energia, porém é muito criticado por dois motivos: o primeiro devido à poluição derivada da queima destes combustíveis fósseis, e o segundo devido à escassez que tais derivados sofrerão, sendo assim denominadas fontes de energia não renováveis. Dentre os vários métodos naturais possíveis para a geração de energia elétrica, acreditamos que o da energia solar seja o mais promissor e básico deles. Trata-se de converter energia solar em energia elétrica através do método denominado fotovoltaico. No Brasil, tal utilização se faz bem vinda, principalmente em regiões isoladas, como no caso da região nordestina, onde a ausência de grandes potenciais e o custo na construção de Hidrelétricas torna inviável a implantação do sistema.

1. INTRODUÇÃO

Há muito tempo o homem utiliza-se de fontes naturais para a geração de energia e uma das mais promissoras e infindáveis é o Sol.

A energia solar como o próprio nome já diz, é uma energia que vem do sol, sendo irradiada continuamente por este astro. Em apenas um segundo o sol produz mais energia (internamente) que toda energia usada pela humanidade desde o começo dos tempos. Além disso a terra recebe por ano vinda do sol, representa mais que 15000 vezes o consumo mundial anual de energéticos.

Este processo já ocorre a milhões de anos no núcleo do sol para a sua superfície de onde é emanada em todas as direções, levando cerca de oito minutos para chegar ao planeta Terra, que está a quase 150 milhões de quilômetros de distância. A energia solar viaja no espaço a velocidade da luz que é de 300.000 Km/s.

Sendo uma fonte de energia interminável, e capaz de, entre outros benefícios, ser convertida em energia elétrica, por que seu uso não é tão discutido e aproveitado na atualidade?

De acordo com vários especialistas no assunto, outras formas de energia (as mais utilizadas atualmente) já possuem previsão de escassez, sendo que sua carência está prevista para este século ainda.

No Brasil, com a crise do Petróleo que ocorreu em 1973, o homem foi obrigado a procurar outras formas de energia. Porém, com o amainamento de tal problema, a humanidade parece ter quietado-se frente à busca inicial, não investindo mais (ou menos do que o necessário) em pesquisas para tal fim.

Se a energia solar é infinitamente duradoura, e pode ainda ser convertida em diversas outras formas de energia, por que seu uso não é fato real e abundante? Quais os benefícios do uso da energia solar, principalmente

na conversão desta em energia elétrica?

Tais questionamentos serão esclarecidos no decorrer deste trabalho.

2. ENERGIA

Energia é a capacidade de realizar trabalho. Trata-se de um elemento importante no desenvolvimento da humanidade, sendo que nos dias atuais, não podemos imaginar a vida humana sem a presença da energia elétrica. Por isso, para atender toda a demanda de eletricidade no planeta, o homem se utiliza de processos de conversão de energia.

Existem várias formas ou modalidades de energia, entre elas destacamos a Energia Cinética, que é associada ao movimento dos corpos; a Energia Potencial é aquela armazenada em um corpo material ou numa posição no espaço podendo ser convertida em energia sensível a partir de uma modificação de seu estado, como por exemplo, a energia existente nos átomos; a Luz é uma energia luminosa e o Calor é uma energia térmica.

Para um melhor entendimento do proposto neste trabalho, faz-se necessário uma explicação mais detalhada das principais formas de energia, a fim de explicar porque a radiação solar direta, a nosso ver, é a fonte energética mais favorável para a humanidade.

2.1 FONTES DE ENERGIA

As fontes de energia podem ser divididas em dois grandes grupos: fontes energéticas não renováveis e fontes energéticas renováveis. As principais fontes energéticas não renováveis são provenientes dos combustíveis fósseis e dos chamados combustíveis nucleares. Os principais combustíveis fósseis são o gás natural, o petróleo e o carvão. Na atualidade, mais de 78% de nossa energia procede de combustíveis fósseis. Por mais importantes que

sejam, as reservas de combustíveis fósseis são limitadas e, como a interrupção do consumo é praticamente impossível devido à demanda cada vez maior do consumo de energia, o ritmo atual de exploração de tais combustíveis é insustentável. O petróleo, o carvão e o gás, além disso, são importantíssimas matérias primas para a indústria química e seu desperdício como combustível é, ao ver de muitos cientistas, uma falta de visão.

Os combustíveis fósseis se formaram há mais de 300 milhões de anos. As plantas e árvores soterradas, sob a ação do calor e da pressão e na ausência do oxigênio, transformaram lentamente seus carboidratos em hidrocarboidratos, processo este que deu origem à turfa, ao xisto e ao carvão. Posteriormente, pequenos seres orgânicos se aglomeraram no fundo de mares antigos e, sob condição de alta pressão, deram origem à maior parte dos lençóis de petróleo existentes atualmente.(LUIZ, SANTOS,1972)

As principais fontes de energia renováveis são as seguintes: a energia da biomassa, a energia hidráulica, a energia eólica, e a energia solar direta.

2.2 FONTES ENERGÉTICAS NÃO RENOVÁVEIS

As fontes energéticas não renováveis deverão se esgotar num futuro não muito distante. Hubbert (1997) afirma que as reservas mundiais de carvão deverão se esgotar por volta do ano 2500; as reservas mundiais de petróleo deverão se esgotar em torno de 2100 e as reservas mundiais de gás natural deverão terminar no ano 2115.

Em usinas Termelétricas, combustíveis fósseis provenientes de fontes energéticas não renováveis, provindas dos combustíveis fósseis são queimados para gerar calor, com o intuito final de se conseguir energia elétrica.

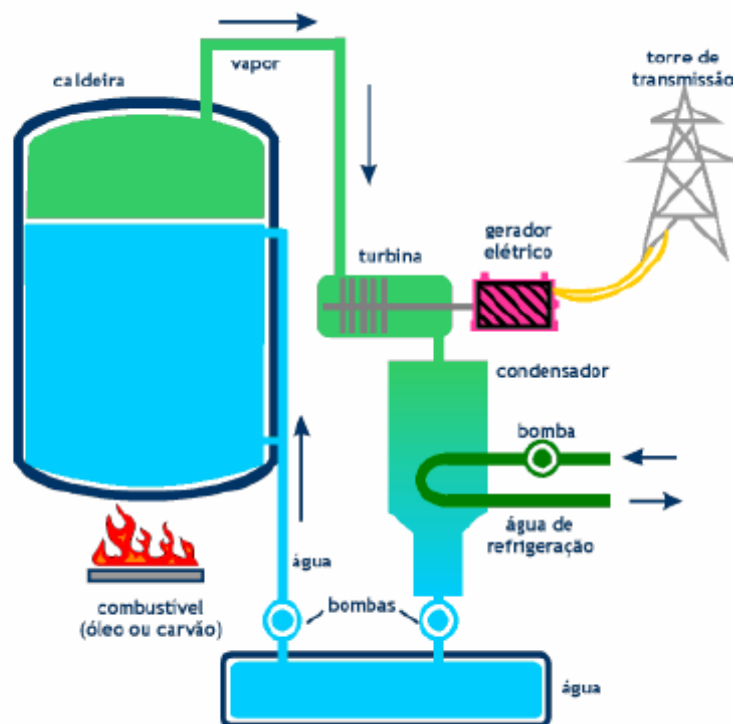


Figura 1: Esquema de funcionamento de uma usina termelétrica.

2.2.1 GÁS NATURAL

O gás natural é o único combustível fóssil que se apresenta sob a forma gasosa na natureza, e é constituído por uma mistura de hidrocarbonetos, sendo o metano o principal constituinte da mistura.

Tal gás geralmente é encontrado preso no topo dos reservatórios de petróleo, de modo que sua exploração é feita conjuntamente com a extração do petróleo. Vale destacar que nas primeiras explorações de petróleo, o gás natural era simplesmente queimado no topo do poço. Posteriormente verificou-se que este gás possuía um elevado poder calorífico, fazendo de sua exploração um bem vantajoso.

2.2.2 PETRÓLEO

A gasolina automotiva, a gasolina de aviação, o querosene de aviação, o querosene de iluminação, o óleo diesel , os óleos combustíveis e o GLP são os principais derivados do petróleo. O método mais simples de refinação deste elemento consiste na destilação fracionada, que produz assim hidrocarbonetos.

Trata-se da fonte energética mais utilizado em nossa atual sociedade e, com a crise do petróleo que se deu em 1973, os preços foram majorados, além de um boicote temporário, despertando a humanidade à busca de fontes de energia renováveis. Infelizmente tal preocupação cessou após tal crise, fazendo com que interrompessem também, o interesse (principalmente pelo governo) na busca por outras alternativas de produção de energia.

2.2.3 CARVÃO

O poder calorífico do petróleo é aproximadamente 50% superior ao poder calorífico do carvão. Entretanto, as reservas de petróleo se esgotarão muito antes das reservas de carvão. (CARVALHO, GOLDENBERG, 1980).

O uso do carvão apresenta enorme problema de poluição. A queima dele produz óxido de enxofre, que são muito tóxicos e corrosivos. Devido a este fator, alguns países proibem sua queima.

O carvão é o combustível fóssil mais abundante na Terra e aquele de melhor qualidade, correspondem às formações mais antigas. Os de consistência mais moles , conhecido como betuminoso, são utilizados na produção de aços e para outros fins industriais.

2.2.4 ENERGIA NUCLEAR

O fenômeno da radioatividade foi descoberto pelo físico francês Henri Becquerel em 1896, ao verificar que sais de urânio emitiam radiação semelhante a dos raios-X, impressionando chapas fotográficas a partir daí, se um átomo tiver seu núcleo muito energético, ele tenderá a estabilizar-se, emitindo o excesso de energia na forma de partículas e ondas.

A energia nuclear é provinda de um Reator Nuclear, que é um equipamento onde se processa uma reação de fissão nuclear, assim como um reator químico é um equipamento onde se processa uma reação química.

Um Reator Nuclear para gerar energia elétrica é, na verdade, uma Central Térmica. A grande quantidade de energia produzida na reação de quebra do urânio será utilizada para aquecer uma caldeira que gerará vapor. Este vapor será induzido a passar por um sistema de turbinas responsáveis por fazer girar um gerador que por sua vez, produzirá energia elétrica através da indução magnética, ou seja, do movimento de um ímã que fará aparecer uma corrente elétrica no sistema.

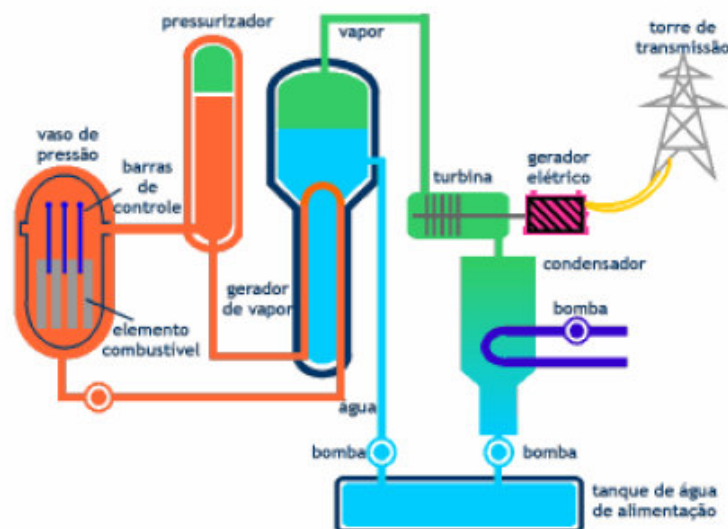


Figura 2: Ilustração do funcionamento de uma Usina Nuclear.

A grande vantagem de uma Central Térmica Nuclear é a enorme quantidade de energia que pode ser gerada, ou seja, a potência gerada, para pouco material usado (o urânio).

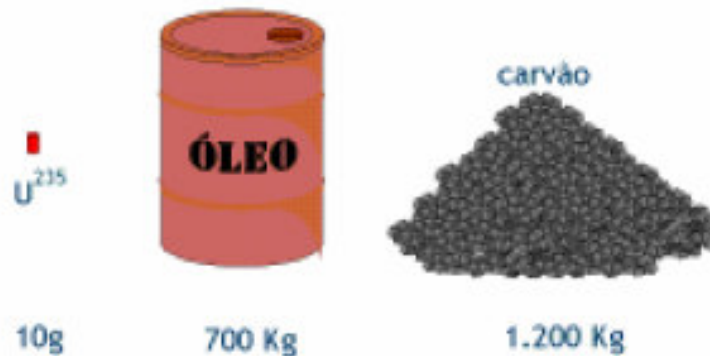


Figura 3: Comparativo de equivalência, onde 10g de Urânio equivale, em uma Usina Nuclear a 700 Kg de óleo, ou ainda 1.200 Kg de carvão.

A energia elétrica produzida por Reatores Nucleares não é radioativa, portanto pode ser utilizada. Porém, o que muito se discute são os perigos de radioatividade provinda de um reator nuclear, bem como o perigo de sua explosão, que gera o que chamamos de Bomba Atômica. A bomba (atômica) é a reação em cadeia rápida e a quantidade de urânio muito concentrado em urânio-235 (quer dizer, urânio enriquecido acima de 90%) deve ser suficiente para a ocorrência rápida da reação. Além disso, toda a massa de urânio deve ficar junta, caso contrário não ocorrerá a reação em cadeia de forma explosiva. Há uma grande controversa em relação a tal problema: de um lado cientistas defendem que uma Usina Nuclear possui proteção necessária que não permite vazamento de material radioativa, defendendo ainda que uma explosão atômica é fator impossível de ocorrer, devido às baixas concentrações de Urânio

utilizadas no processo; por outro lado, cientistas demonstram-se convictos de que há grande perigo de contaminação radioativa (pelo solo, pela água...) nas proximidades de Usinas Nucleares, reprovando tal método como viável para obtenção de energia elétrica.

2.3 FONTES ENERGÉTICAS RENOVÁVEIS

Devido à projeção de esgotamento previsto para as fontes energéticas não renováveis, é preciso que haja uma diminuição do uso destas reservas mediante substituição crescente das fontes não renováveis pelas fontes renováveis, a fim de impedir que a humanidade padeça sem às fontes de energia, principalmente as necessárias para geração de energia elétrica.

2.3.1 ENERGIA SOLAR

A energia solar é a fonte de energia mais antiga disponível na Terra. A quantidade de energia solar que atinge a Terra em dez dias é equivalente a todas as reservas de combustível conhecidas, sendo ainda uma fonte não poluente e praticamente inesgotável. Estima-se em alguns bilhões de anos o tempo necessário para o esgotamento da energia solar.

Goldenberg afirma que:

“A manutenção da vida na Terra só poderá ser conseguida mediante o expurgo da ameaça da poluição térmica e da poluição química.”
(GOLBENBERG, 1978)

Para evitar estes males, faz-se necessário à adoção imediata de uma estratégia global visando aproveitar ao máximo a energia solar que é gratuita, atinge todos os recantos da Terra e quase não produz poluição.

2.3.2 ENERGIA DA BIOMASSA

A biomassa constitui o conjunto dos recursos oriundos do Reino Vegetal e do Reino Animal e está presente na vida do homem mesmo antes da descoberta do fogo. O alimento é uma forma de biomassa, sendo necessariamente, uma forma de energia.

A biomassa, após a descoberta do fogo, passou a ser importante em múltiplos processos de serviços e transformações, participando de modo inclusivo como insumo energético.

A participação da biomassa, no Brasil, alcança 22% do consumo final de energia: a cana-de-açúcar contribui com 12% e a madeira, 10%.

A aplicação dos recursos da biomassa é uma das principais alternativas para o aproveitamento indireto da energia solar. As principais vantagens do aproveitamento direto ou indireto da energia solar, de acordo com Luiz, são:

“ a) a cultura destinada à produção de alimentos e de energia pode ser plantada nas proximidades do local de consumo, eliminando-se, assim, os custos do transporte de alimentos e de energia; b) quando a produção de alimentos for maior do que a demanda, é possível secar a parte excedente, utilizando-se a energia solar, e, a seguir, armazenando os produtos para consumo posteriores; c) a produção e queima de combustível oriundos da biomassa minimiza os

problemas dos resíduos das combustões de um modo geral; d) os investimentos de capital para a exploração da biomassa normalmente são pequenos em comparação com os investimentos para instalação de usinas de força de médio e grande porte. (LUIZ,1972)

Sobre a biomassa florestal (lenha) pesa contra o argumento de que seja a responsável pelo desmatamento, pela erosão e desertificação e, pela perda da diversidade biológica (flora e fauna). Isto pode ser minimizado através do manejo sustentado.

2.3.3 ENERGIA HIDRÁULICA

A energia hidráulica é uma das fontes de energia renovável mais promissora. Trata-se de um recurso energético simples de ser explorado, porém proporciona impactos irreversíveis ao meio ambiente e isso é especialmente verdadeiro no caso de grandes reservatórios. Este recurso é também praticamente inesgotável, uma vez que o potencial hidráulico depende da energia solar.

O dispositivo de conversão do potencial existente na água em energia elétrica é formado por uma turbina acoplada a um gerador. A turbina para geração de energia elétrica é constituída de um eixo, dotado de pás. Estas podem ser acionadas por água corrente e, então, o seu eixo entra em rotação e move a parte interna do gerador fazendo aparecer um fenômeno denominado indução eletromagnética, uma corrente elétrica nos fios de sua parte externa, como na ilustração abaixo:

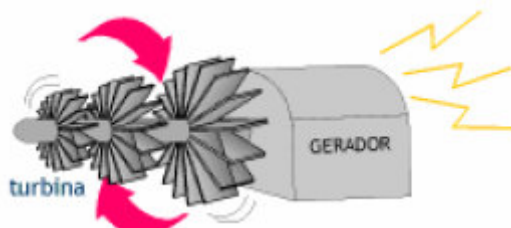


Figura 4: Funcionamento de uma turbina, movida pela força da água, em uma Hidrelétrica.

A geração da energia elétrica, a partir de uma queda d'água, é uma das principais técnicas para se obter energia elétrica em grande escala, com relativamente baixo impacto ambiental. O problema está nas mudanças e irregularidades do clima, acarretando falta de água nos locais das principais hidrelétricas do país.

2.3.4 ENERGIA EÓLICA

A energia eólica é um recurso energético renovável que deriva principalmente da ação indireta da energia solar.

É uma fonte de energia renovável não poluente que tem sido usada pela humanidade desde épocas imemoráveis. Basta lembrar que, antes do advento dos motores, todas as embarcações eram impulsionadas pela energia eólica e/ou através da força muscular, no uso do remo. No Brasil tal forma de energia vem sendo utilizada há muito tempo, principalmente na tarefa de bombear água.

Uma desvantagem para o aproveitamento da energia eólica é sua intermitência. Quando a turbina eólica é usada para gerar eletricidade, é possível utilizar uma parte da energia gerada para carregar uma bateria eletroquímica.

3. O SOL

3.1 O ASTRO

Astro central, luminoso do sistema planetário do qual a Terra faz parte. Em torno dele gravitam o nosso e os demais planetas. O movimento da Terra em torno do Sol acarreta um deslocamento deste em relação às estrelas. Em seu movimento, o Sol descreve um círculo máximo da esfera celeste, a eclíptica, inclinada de $23^{\circ} 27'$ em relação ao Equador.

A inclinação da eclíptica em relação ao Equador acarreta a existência de estações bem como uma variação da duração relativa dos dias e das noites. O Sol é uma estrela da quinta grandeza, distante cerca de 149.600.000 km da Terra. Centro do sistema solar é, direta ou indiretamente, a fonte maior de energia existente em nosso planeta e responsável pela existência de vida na Terra.

Seu diâmetro é de 1.394.000 km, sua densidade é quatro vezes menor que a da Terra e a intensidade da gravidade é 29 vezes maior que a do nosso planeta. Seu volume é aproximadamente 1.400.000 vezes maior que o da Terra e calcula-se que a temperatura na sua superfície seja de 6.500°C e que no seu centro atinja valores incalculáveis. Em cerca de 25 dias, o Sol executa uma revolução completa em torno de um eixo inclinado $7^{\circ} 11'$ em relação a eclíptica. Essa rotação não se efetua uniformemente para o conjunto do globo: é tanto menos rápida quanto se consideram latitudes mais afastadas do Equador, sendo 24,9 dias no Equador e 34 dias na vizinhança dos pólos.

As substâncias que o constituem, dada a alta temperatura, encontram-se em estado gasoso, supondo-se que sejam semelhantes às da Terra, sendo as principais: o hidrogênio, o magnésio, o ferro e o cálcio. Observando-se o Sol através do telescópio, vê-se várias manchas circulares que aparecem e

desaparecem não tendo nem forma nem local fixo. Distingui-se, também um disco luminoso chamado fotosfera, que é uma região onde se encontram gases de alta pressão. Circundando a fotosfera, encontra-se outra região luminosa, com espessura de 7.000 a 10.000 km, visível durante os eclipses solares, denominada cronosfera, que pode ser considerada a atmosfera solar. Envolvendo a cronosfera, vemos uma auréola de brilho pouco intenso, visível por ocasião dos eclipses totais e chamada coroa solar. Esta não é uma massa fixa, nem homogênea, mas constituída de gases altamente ionizados.

O Sol, além de emitir radiações luminosas, emite também radiações magnéticas e radioelétricas, sendo a intensidade delas medida pela energia que nos fornecem. A atividade solar tem grande influência em vários fenômenos terrestres, sendo a coroa solar a fonte das tempestades magnéticas, produzindo interferência nas radiocomunicações e nos ventos solares, que influem nos gases do espaço interplanetário. Apesar dos progressos da Astronomia, ainda não foi possível determinar todas as influências solares sobre os fenômenos terrestres. Através do Sol, os astrônomos poderão tirar outras conclusões a respeito das demais estrelas, que se supõe tenham comportamento análogo ao desse astro, cognominado “astro-rei”.

3.2 HISTÓRICO

Um dos provérbios mais verdadeiros é aquele que diz que não há nada de novo sob o Sol. Tal expressão é encontrada nas mais antigas escrituras, inclusive no Velho Testamento, como a do Salmo XIX que se lê:

“Os céus manifestam a glória de Deus... Neles pôs uma tenda para o Sol, Que qual noiva que sai do seu tálamo, E se alegra como um herói, a correr a seu caminho... A sua saída é desde uma extremidade dos

céus, E o seu curso até à outra extremidade deles, E nada se furta ao seu calor”.(Halacy, 1963)

As primeiras culturas e religiões foram erigidas em torno do Sol. Na velha erudição egípcia, é bem conhecida a figura de Rá, o Deus-Sol. As lendas romanas e gregas afirmaram esta influencia em Apolo e Phaeton, sendo o Sol representado por um carro de fogo a cruzar a face do céu. O povo Asteca adorava o Sol como a um Deus. Assim, em todo o mundo e através dos tempos, o homem tem desviado seus olhos para o Sol.

Existem alguns relatos curiosos, como a história de Arquimedes que teria incendiado as velas dos barcos romanos concentrando sobre as mesmas a luz solar refletida pelos escudos de milhares de soldado.

Se Arquimedes incendiou ou não as velas dos navios inimigos é uma controvérsia histórica que alguns acreditam e outros ridicularizam. O que é inexorável é que o Sol passou a ser mais estudado pelo ser humano.

No ano de 1609, Galileu Galilei criou o primeiro telescópio e o apontou ao Sol, convencendo-se da teoria de Copérnico que afirmava que o Sol (e não a Terra como se acreditava) era o centro do sistema solar. Com o telescópio, Galileu também observou manchas no astro Sol. Paralelo a isso, outro homem na França utilizava-se do Sol para bombear água. Trata-se de Salomeu que fez o Sol trabalhar aquecendo o ar de sua “máquina”, fazendo com que este ar bombeasse água.

No século XVII Kieches garantia que seu conjunto de cinco espelhos era capaz de incendiar materiais a distância. Um século depois o francês Buffon provou que a história de Arquimedes poderia ser verdadeira. Utilizou um conjunto de 168 espelhos planos pequenos para provar sua teoria. Conseguiu, assim, em 1747, queimar madeira a 200 pés de distância; fundiu chumbo a 130 pés e prata a 60 pés.

No mesmo século, Villette, na França elaborou fornalhas de ferro polido, capaz de fundir ferro, cobre e outros metais.

No século XVII progredia com rapidez a ciência da fabricação de lentes. Em 1695, dois italianos, Tragioni e Averoni empregaram um grande espelho para decompor um diamante. Na mesma época também usou-se lentes incendiárias Parkes, na Inglaterra e Tschinhaus na Alemanha.

Voltando a Salomeu, que usava o Sol para bombear água, muitos anos mais tarde tivemos a construção de um engenho similar aperfeiçoado. As máquinas de ar quente são interessantes do ponto de vista histórico, James Watt foi o primeiro a patentear uma máquina a vapor e Henry Wood obteve patente para uma máquina de ar quente. Lembrando que uma patente e um modelo convencional são diferentes, tem-se que em 1807 *Sir* George Cayley conseguiu, com sucesso, fazer com que uma máquina daquele tipo funcionasse.

3.3 A CULINÁRIA SOLAR

O Sol como instrumento de cozinha também é muito antigo, pois desde tempos imemoráveis os alimentos são secos ao Sol. O aparecimento do fogão solar foi datado há apenas 150 anos. Adans e Mouchot, ambos da França, construíram um protótipo singelo onde um vidro era colocado em sua superfície, material que deixava passar a luz e armazenava calor em seu interior. Mouchot exibiu a eficiência de seu fogão na Feira Mundial de Paris em 1878, cozinhando um quilo de carne em pouco mais de 20 minutos.

O homem vem estudando através dos tempos uma das manifestações de energia solar que é a evaporação da água. Os antigos extraíam o sal da mesma forma que hoje se faz, com exceção de um certo cuidado que atualmente observamos no manejo do produto.

3.4 CONVERSÃO DA ENERGIA SOLAR EM OUTRAS FORMAS DE ENERGIA

A energia solar pode ser convertida, direta ou indiretamente, em diversas formas de energia. A conversão direta da energia solar em outras formas de energia abrange os seguintes processos: produção de pressão, produção de calor, produção de eletricidade, efeitos químicos (fotoquímica), produção de reações biológicas, etc. Já a conversão indireta da energia solar em outras formas de energia abrange diversas possibilidades. A maior parte das fontes energéticas renováveis, como a hidráulica, eólica e a radiação solar derivam da ação direta ou indireta da energia solar. Entre as diversas possibilidades para o aproveitamento indireto da energia solar, podemos ressaltar as seguintes: a geração da energia hidroelétrica, o aproveitamento dos recursos da biomassa, a produção e uso do H₂, a produção de álcool e a produção de energia elétrica.

3.4.1 PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO (H₂)

A maior parte do hidrogênio atualmente produzido no mundo provém da oxidação do gás natural ou da nafta, mediante processo catalítico envolvendo vapor e hidrocarbonetos. Existem outros processos para a obtenção de hidrogênio, com demanda de outras matérias como metano, carvão e coque ou ainda queima de combustíveis fósseis (carvão, gás e petróleo). Por serem processos demasiadamente difíceis e complexos de serem esclarecidos, não serão mencionados neste trabalho. Nos atentaremos apenas a elucidar a produção de Hidrogênio através do aproveitamento indireto da energia solar, por considerarmos aqui o método mais fácil, abundante e plausível de ser realizado.

A eletrólise da água é o método mais prático na obtenção de H₂ sem utilização de combustíveis fósseis. A luz solar pode ser empregada indiretamente para a produção de H₂ através da prévia transformação da energia solar em energia elétrica (elucidaremos maneiras de obtenção de energia elétrica através do uso da luz e do calor solar, em capítulo posterior), sendo que a energia elétrica posteriormente produziria H₂ mediante eletrólise da água.

Além do método citado anteriormente, pode-se também obter H₂ pela ação direta da luz solar em diversos sistemas biológicos. Em algumas plantas, as condições da produção da fotossíntese podem ser alteradas de modo que o processo admita a produção de H₂. Estes processos ainda estão em fase inicial de pesquisa.

3.4.2 A BIOMASSA E O APROVEITAMENTO INDIRETO DA ENERGIA SOLAR

A utilização dos recursos da biomassa constitui uma das mais importantes maneiras de se aproveitar indiretamente a energia solar. Trata-se de recursos importantes na elaboração de combustíveis energéticos, através da extração de alguns elementos da natureza, que apenas sobreviverão mediante contato com a energia solar.

Algumas estimativas indicam que a produção mundial anual do reino vegetal terrestre corresponde a cerca de um trilhão de toneladas e, a produção mundial da biomassa marinha corresponde a cerca de cinquenta bilhões de toneladas.

O aproveitamento pelo homem, de vegetais existentes na Natureza - ou plantados por ele- pode ser feito de diversos modos. As principais formas de aproveitamento da biomassa são a produção de alimentos, de remédios, de

madeira, de substâncias de uso industrial, produção de óleo combustível, produção de carvão e a produção de álcool.

3.4.2.1 PRODUÇÃO DE MADEIRA

A exploração da madeira tem sido uma das atividades econômicas mais empregadas desde a descoberta do Brasil até os dias atuais. A tabela a seguir mostra números recentes em relação às florestas brasileiras e o desmatamento, provindo do grande número de consumo de lenha no país:

Tabela 1: Porcentagem das florestas brasileiras

FLORESTA	ORIGINAL	ATUAL
Amazônica	40	36,0
Atlântica	10	1,0
Araucária	5	0,5
TOTAL	55	37,5

Fonte: Macedo, 2001.

A madeira pode ser utilizada com combustível (lenha) ou pode ainda ser beneficiada e utilizada para fins industriais.

3.4.2.2 PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

A produção de álcool etílico e de álcool metílico é feita mediante aproveitamento dos recursos da biomassa, sendo, assim, uma forma de aproveitamento indireto da energia solar.

A produção de álcool a partir da cana-de-açúcar é, em geral, feita juntamente com a produção de açúcar. Para cada tonelada de cana processada, tira-se apenas cerca de 12 litros de álcool etílico.

O álcool também pode ser utilizado na indústria química para substituir alguns derivados do petróleo, como o etileno e o propileno. O álcool combustível é usado no Brasil de duas maneiras diferentes: na mistura da gasolina, na base de 10 a 20 % de álcool e em motores a explosão que usam exclusivamente o álcool como combustível. Vale ressaltar que a fabricação de brasileira de carros movida a álcool vem aumentando consideravelmente, fato provindo do custo reduzido em relação à gasolina.

4. CAPTAR, APROVEITAR E TRANSFORMAR A ENERGIA SOLAR

Conforme disposto nos capítulos anteriores, várias são as aplicabilidades da energia solar. Porém, de nada adianta destacar tais vantagens, se não nos prontificarmos a demonstrar também como coletar aproveitar e ainda transformar a energia solar em energia térmica ou elétrica.

4.1 COLETORES PLANOS

Os coletores planos são usados para o aproveitamento térmico direto (sem concentração) da energia solar e, geralmente são dispostos em painéis. A forma do coletor plano é em geral retangular, sendo que um dos lados deve necessariamente estar orientado na direção Leste-Oeste. Tal coletor pode ser fixo ou possuir uma posição variável para cada estação do ano.

Um coletor plano típico possui os seguintes materiais: 1- vidro principal, 2- vidro auxiliar, 3- caixa, 4- superfície absorvedora, 5- tubo com o fluido de trabalho (água, ar ou vapor d'água), 6- isolamento térmico.

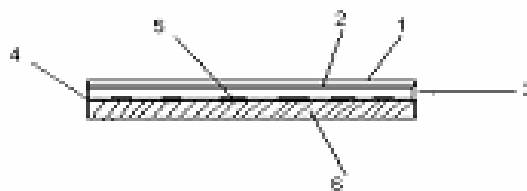


Figura 5: Diagrama esquemático de um coletor solar plano.

As coberturas mais empregadas são as camadas de vidro e placa de plástico (que absorvem o infravermelho). O custo de 1 metro quadrado de um coletor plano varia de 20,00 reais a 300,00 reais.

4.2. AQUECEDOR SOLAR

Os efeitos térmicos da radiação solar possibilitam diversas aplicações práticas e imediatas da energia solar. Podemos destacar o aquecimento de água, obtido mediante coletores planos (já descritos anteriormente) como sendo uma das aplicabilidades térmicas mais simples a energia solar. Este tipo de aplicabilidade envolve cerca de 70 a 80% de todas as aplicações para o aproveitamento da energia solar atualmente existente no mundo. Um exemplo é o Japão, que até o ano de 2000 possuía cerca de 3 milhões de aquecedores solares instalados. A água quente obtida pode ser empregada diretamente para usos domésticos, comerciais e industriais.

Um aquecedor solar é constituído basicamente por um coletor plano coberto por uma placa de vidro; no interior do coletor existem tubos através do qual circula a água aquecida. De um modo geral, não é necessário nenhum bomba: a água circula por convecção natural num circuito fechado. A água quente poderá ser usada diretamente ou indiretamente. Para uso direto, é necessário que a água seja extraída de um reservatório isolado termicamente.

Para um aquecedor solar básico temos: 1- raios solares, 2- coletor, 3- reservatório de água, 4- isolante térmico, 5- alimentação de água, 6- tubo de sangria e 7- utilização da água quente. Segue figura:

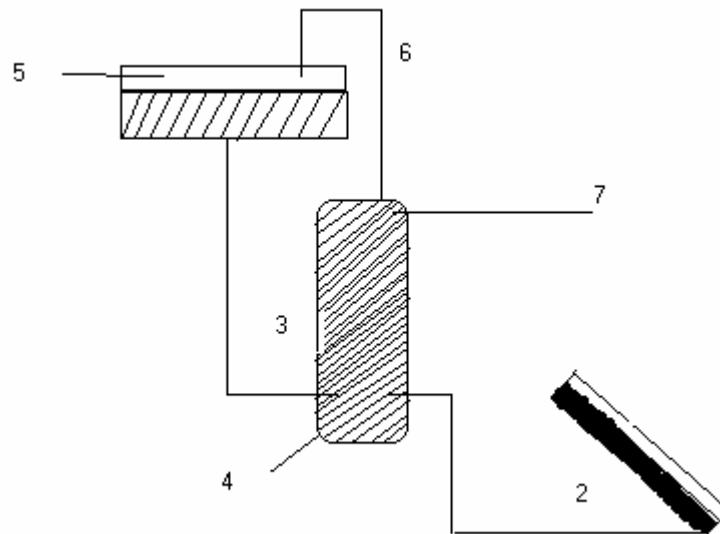


Figura 6: Esquema de um aquecedor solar de água.

4.3 SECADOR SOLAR

A secagem é um dos processos mais antigos e práticos utilizados para o aproveitamento da energia solar. A secagem pode ser obtida expondo-se diretamente o sistema a ação dos raios solares. Entretanto a secagem pela ação direta dos raios solares é muito rudimentar e deve ser usada apenas para aplicações domésticas (secagem de roupa, secagem de massas, etc.).

O termo secagem é utilizado mais para a eliminação da água de sólidos e de plantas de um modo geral. No Brasil, a secagem de madeira, de areia, de cerâmica, de tijolos e de muitos outros materiais é feita, em diversos locais, pela ação direta dos raios solares. Aconselha-se, no entanto, o uso de secadores solares, nestes casos, visando um aumento no rendimento, bem como na melhora da qualidade do produto.

A secagem de produtos agropecuários consiste na remoção de grande parte da água existente inicialmente no produto até que o teor de umidade de

equilíbrio seja suficiente para que o produto possa ser armazenado em condições ambientais por longos períodos (normalmente superiores há dois anos), sem que este perca suas propriedades nutricionais.

A principal vantagem da secagem solar em comparação a outros métodos, tais como refrigeração, irradiação, enlatamento, etc, está no baixo custo e na simplicidade que constitui tal método.

Um secador solar possui 1- raios solares, 2- entrada de ar frio, 3- coletor solar, 4- recipiente do secador, 6- bandeja do secador, 7- chaminé e 8- saída do ar quente, conforme figura a seguir:

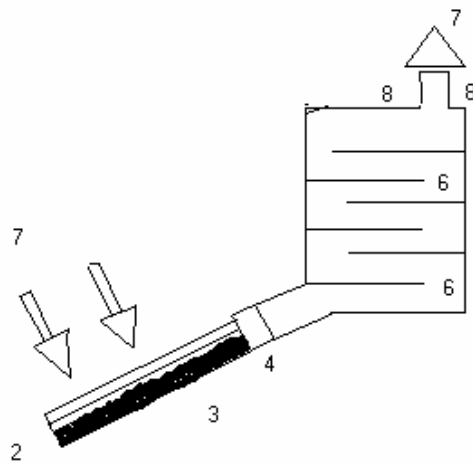


Figura 7: Esquema básico de um secador solar

5. PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA SOLAR EM ELÉTRICA

A energia solar pode ser transformada em energia térmica ou em energia elétrica. Porém, um dos maiores benefícios está em transformar a energia solar em energia elétrica. Atualmente existe um considerável esforço de pesquisa no mundo inteiro para o aperfeiçoamento das técnicas de

conversão da energia solar em energia elétrica. Este esforço deve ser incentivado e ampliado pelas seguintes razões: a energia solar e a energia elétrica são formas de energia que não poluem o meio ambiente; a energia elétrica, além de poder ser utilizada nos transportes, possui inúmeras aplicações industriais, comerciais e domésticas; a energia elétrica pode ser transformada facilmente em outras formas de energia e pode ainda ser facilmente armazenada em baterias e outros dispositivos acumuladores de energia; a energia elétrica pode ser transmitida para outros locais de consumo através de fios e condutores elétricos e até mesmo sem o uso de fios se ela for previamente transformada em energia eletromagnética.

A energia solar pode ser transformada direta ou indiretamente em energia elétrica. A conversão direta da energia solar em elétrica é feita mediante técnica que utiliza o efeito fotovoltaico. Na conversão indireta da energia solar em energia elétrica, é necessária uma prévia transformação em energia térmica que, posteriormente será convertida em energia elétrica.

5.2 MÉTODO DE TRANSFORMAÇÃO DIRETA DA ENERGIA SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA.

5.2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica tem funcionamento semelhante a um diodo, o silício possui átomos com 3 elétrons na última

camada, então recebe em uma de suas metades impurezas de boro e na outra metade impurezas de fósforo. Este processo é denominado “dopagem”. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão.

Inicialmente o desenvolvimento da tecnologia apoiou-se na busca, por empresas do setor de telecomunicações, de fontes de energia para sistemas instalados em localidades remotas. O segundo agente impulsionador foi a "corrida espacial". A célula solar era, e continua sendo, o meio mais adequado (menor custo e peso) para fornecer a quantidade de energia necessária para longos períodos de permanência no espaço. Outro uso espacial que impulsionou o desenvolvimento das células solares foi à necessidade de energia para satélites.

A crise energética de 1973 renovou e ampliou o interesse em aplicações terrestres. Porém, para tornar economicamente viável essa forma de conversão de energia, seria necessário, naquele momento, reduzir em até 100 vezes o custo de produção das células solares em relação ao daquelas células usadas em explorações espaciais. Modificou-se, também, o perfil das empresas envolvidas no setor. Nos Estados Unidos, as empresas de petróleo resolveram diversificar seus investimentos, englobando a produção de energia a partir da radiação solar.

Neste processo, o painel fotovoltaico recebe a luz do sol e a transforma em corrente elétrica contínua de 12 volts. Uma bateria comum, de caminhão, de 12 volts, armazena a eletricidade. Em seguida, um aparelho chamado inversor converte a corrente contínua em corrente alternada, de 110 ou 120 volts. A partir daí, é possível acionar, além de bomba de irrigação e cercas elétricas, lâmpadas, televisores, rádios e outros eletrodomésticos

Em 1993 a produção de células fotovoltaicas atingiu a marca de 60 MWp, sendo o Silício quase absoluto no "ranking" dos materiais utilizados. O Silício, segundo elemento mais abundante no globo terrestre, tem sido

explorado sob diversas formas: monocristalino, policristalino e amorfo. No entanto, a busca de materiais alternativos é intensa e concentra-se na área de filmes finos, onde o silício amorfo se enquadra. Células de filmes finos, além de utilizarem menor quantidade de material do que as que apresentam estruturas cristalinas, requerem uma menor quantidade de energia no seu processo de fabricação. Ou seja, possui uma maior eficiência energética.

6. MEIOS ATUAIS MAIS UTILIZADOS NA OBTENÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.

Várias são as maneiras de se obter energia elétrica, porém a mais utilizada nas grandes cidades brasileiras é fornecida por usinas hidrelétricas, o que implica em uma necessidade cada vez crescente de se impetrar reservatórios de água cada vez maiores, com equipamentos adequados capazes de transformas a força da água em energia elétrica.

Tal tecnologia não se mostra eficaz em sua demanda, pois, o que presenciamos nos dias atuais é que, além do aumento considerável do consumo da energia elétrica, há o fenômeno de mudança climática nas regiões onde encontram-se instaladas as principais usinas hidrelétricas.

Há uma crescente preocupação com tal fato, uma vez que a falta de energia gera amplos transtornos para cidades e países em geral, acarretando riscos para a saúde e segurança pública.

Poucas são as alternativas capazes de substituir a energia elétrica em uma casual crise. Tratam-se de grupos geradores de energia que utilizam em seu motor combustíveis fósseis como a gasolina e o diesel, componentes altamente poluentes e tóxicos. Esta é uma forma alternativa (atual) de substituição da energia convencional, capaz de predominar por algumas horas apenas. Além disso, tal solução se faz pouco viável por seu alto custo (aquisição, manutenção e operação) e até mesmo por razões ambientais, como a poluição sonora, a poluição do ar em razão da queima de diversos litros de combustível, por hora de trabalho, o que torna sua utilização, ininterrupta, inexecutável

6.1 MALEFÍCIOS ENCONTRADOS EM MÉTODOS CONVENCIONAIS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O sistema energético compreende as atividades de extração, processamento, distribuição e uso de energia e é responsável pelos principais impactos ambientais da sociedade industrial. Seus efeitos nocivos não se restringem ao nível local onde se realizam as atividades de produção ou de consumo de energia, mas também possuem efeitos regionais e globais. Na escala regional pode-se mencionar, por exemplo, o problema de chuvas ácidas, ou ainda o derramamento de petróleo em oceanos, que pode atingir vastas áreas. Existem ainda impactos globais, e os exemplos mais contundentes são as alterações climáticas devido ao acúmulo de gases na atmosfera (efeito estufa), e a erosão da camada de ozônio devido ao uso de CFCs (compostos com moléculas de cloro-fluor-carbono) utilizados em equipamentos de ar condicionado e refrigeradores.

Todas as etapas da indústria energética até a utilização de combustíveis provocam algum impacto ao meio ambiente e à saúde humana. A extração de recursos energéticos, ou seja, petróleo, carvão, biomassa ou hidroeletricidade, tem implicações em mudanças nos padrões de uso do solo, recursos hídricos, alteração da cobertura vegetal e na composição atmosférica. As atividades de mineração (carvão e petróleo) empregam cerca de 1% da mão de obra global, mas são responsáveis por cerca de 8% dos acidentes de trabalho fatais.

As atividades relacionadas com a produção e uso de energia liberam para a atmosfera, água e solo diversas substâncias que comprometem a saúde e sobrevivência não só do homem, mas também da fauna e flora. Alguns desses efeitos são visíveis e imediatos, outros têm a propriedade de serem cumulativos e de permanecerem por várias décadas ocasionando problemas.

6.1.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

O setor energético é responsável por 75% do dióxido de carbono lançado à atmosfera, 41% do chumbo, 85% das emissões de enxofre e cerca de 76% dos óxidos de nitrogênio. Tanto o enxofre como os óxidos de nitrogênio têm um papel importante na formação de ácidos na atmosfera que, ao precipitarem na forma de chuvas, prejudicam a cobertura de solos, vegetação, agricultura, materiais manufaturados que sofrem corrosão e até mesmo a pele do homem. A constante deposição de compostos ácidos em rios e lagos afeta a vida aquática e ameaça toda a cadeia alimentar de ecossistemas. Nos solos, a acidez das chuvas reduz a presença de nutrientes. Para a saúde humana, a presença de particulados contendo enxofre e óxidos de nitrogênio provocam ou agravam doenças respiratórias como bronquite e enfisema, especialmente em crianças. Esse tipo de problema tem sido verificado em regiões da China, Hong Kong e Canadá que sofrem os efeitos de termoeletricas a carvão situadas muitas vezes em locais distantes de onde ocorrem as chuvas ácidas.

O consumo de derivados de petróleo pelo setor de transporte é o que apresenta a maior contribuição para a degradação do meio ambiente em nível local e global. Estima-se que 50% dos hidrocarbonetos emitidos em áreas urbanas e aproximadamente 25% do total das emissões de todo dióxido de carbono gerado no mundo resultam das atividades desenvolvidas com os sistemas de transporte.

Além disso, partículas em suspensão decorrentes da queima de material orgânico ou de combustíveis constituem um problema sério em várias partes do mundo. Isso ocorre sempre que há queimadas de florestas ou de diesel e óleo combustível nas áreas urbanas. A baixa qualidade desses combustíveis em muitos países, aliada à precariedade de veículos, trânsito congestionado e condições climáticas desfavoráveis em grandes cidades, contribuem para que

exista uma quase permanente concentração de finas partículas no ambiente urbano. A saúde respiratória fica comprometida para milhões de pessoas expostas a essas partículas. Devido ao pequeno tamanho dessas partículas, elas vão se acumulando ao longo do tempo nos pulmões das pessoas e são especialmente problemáticas porque podem carregar ainda compostos carcinogênicos para esses órgãos.

6.1.2 O EFEITO ESTUFA

Um dos mais complexos e maiores efeitos das emissões do setor energético são os problemas globais relacionados com mudanças climáticas. O acúmulo de gases, como o dióxido de carbono na atmosfera, acentua o [efeito estufa] natural do ecossistema terrestre a ponto de romper os padrões de clima que condicionaram a vida humana, de animais, peixes, agricultura, vegetação, etc. É cada vez mais evidente a constatação de crescentes concentrações de CO₂ na atmosfera e o aumento de temperaturas médias. São imprevisíveis as implicações de mudanças climáticas para os países e suas populações. Alteração na produtividade da agricultura, pesca, inundações de regiões costeiras e aumento de desastres naturais estão entre as mudanças provocadas pelas alterações climáticas esperadas.

A seriedade desses efeitos tem sido reconhecida por diversos estudos científicos internacionais e vários países estão procurando consenso para uma agenda mínima de atividades para controle e mitigação de emissões, como o [Protocolo de Kyoto], discutido no âmbito dos países signatários da Convenção Climática. Infelizmente, ainda não se tem acordado um sistema de controle de emissões de gases estufa entre os países industrializados, historicamente os

maiores contribuintes para os altos níveis de concentração desses gases na atmosfera.

6.1.3 TERMOELÉTRICAS

A produção de eletricidade em termoelétricas representa em escala mundial cerca de um terço das emissões antropogênicas de dióxido de carbono, sendo seguida pelas emissões do setor de transporte e industrial. Os principais combustíveis utilizados em todo o mundo são o carvão, derivados de petróleo e, crescentemente, o gás natural. Existem ainda outros tipos de usinas termoelétricas que queimam resíduos de biomassa (lenha, bagaço) e até mesmo lixo urbano.

Além das emissões de gases e partículas, existem outros problemas associados a utilização de água para o processo de geração termoelétrica, pois muitas usinas usam água para refrigeração ou para produção de vapor. Esse tem sido um dos principais obstáculos para a implantação de termoelétricas no país, pois diversos projetos se localizam ao longo do principal gasoduto construído, que segue exatamente as bacias hidrográficas com problemas de abastecimento e de qualidade de água em regiões densamente povoadas.

É importante notar também que houve bastante progresso com relação ao aumento da eficiência de usinas termoelétricas através da introdução de tecnologias de co-geração e turbinas a gás. As possibilidades de gaseificação de carvão, madeira e bagaço oferecem novas oportunidades de usinas mais eficientes e com menores impactos que as convencionais.

6.1.4 HIDROELÉTRICAS

Muitas vezes faz-se referência a hidroeletricidade como sendo uma fonte "limpa" e de pouco impacto ambiental. Na verdade, embora a construção de reservatórios, grandes ou pequenos, tenham trazido enormes benefícios para o país, ajudando a regularizar cheias, promover irrigação e navegabilidade de rios, elas também trazem impactos irreversíveis ao meio ambiente. Isso é especialmente verdadeiro no caso de grandes reservatórios. Existem problemas com mudanças na composição e propriedades químicas da água, mudanças na temperatura, concentração de sedimentos, e outras modificações que ocasionam problemas para a manutenção de ecossistemas à jusante dos reservatórios. Esses empreendimentos, mesmo bem controlados, têm tido impactos na manutenção da diversidade de espécies (fauna e flora) e afetado a densidade de populações de peixes, mudando ciclos de reprodução.

O Brasil tem acumulado grande experiência com o resultado das várias usinas hidroelétricas que foram construídas, sendo um dos seus maiores exemplos o caso da hidroelétrica de Balbina, que provocou a inundação de parte da floresta nativa, ocasionando alterações na composição e acidez da água, que depois teve impacto no próprio desempenho da usina. Até recentemente as turbinas apresentavam problemas de corrosão e depósito de material orgânico, devido a alterações que ocorreram na composição da água.

6.1.5 ENERGIA NUCLEAR

A energia nuclear é talvez aquela que mais tem chamado atenção quanto aos seus impactos ambientais e à saúde humana. São três os principais problemas ambientais dessa fonte de energia. O primeiro é a manipulação de material radioativo no processo de produção de combustível nuclear e nos

reatores nucleares, com riscos de vazamentos e acidentes. O segundo problema está relacionado com a possibilidade de desvios clandestinos de material nuclear para utilização em armamentos, por exemplo, acentuando riscos de proliferação nuclear. Finalmente existe o grave problema de armazenamento dos rejeitos radioativos das usinas. Já houve substancial progresso no desenvolvimento de tecnologias que diminuem praticamente os riscos de contaminação radiativa por acidente com reatores nucleares, aumentando consideravelmente o nível de segurança desse tipo de usina, mas ainda não se apresentam soluções satisfatórias e aceitáveis para o problema do lixo atômico.

7. O USO DA ENERGIA SOLAR

O uso comercial da energia solar ainda é extremamente inferior ao aproveitamento dos outros recursos energéticos convencionais. O principal uso comercial da energia solar, até mesmo em países altamente industrializados, consiste no aproveitamento dos efeitos térmicos da luz solar, com o objetivo de produzir o aquecimento de água, o aquecimento de residências, a secagem de produtos agrícolas, etc.

Nos países subdesenvolvidos, como o Brasil, e outras nações do Terceiro Mundo, é importante aproveitar ao máximo esta fonte inesgotável e gratuita. Normalmente estes países apresentam elevadas extensões territoriais e estão situados em zonas tropicais. Desta maneira, acreditamos que o aproveitamento direto e indireto da energia solar possa contribuir, principalmente, para o desenvolvimento futuro de países do Terceiro Mundo.

Porém, no Brasil, podemos destacar os benefícios da energia solar, ou seja, do aproveitamento da radiação solar direta, que há muito são utilizados no Nordeste, mas de forma bastante primitiva como na secagem de alimentos ao ar livre e produção de sal. As primeiras pesquisas de formas de exploração mais amplas tiveram diversos focos nas universidades locais, principalmente nos estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.

Um dos primeiros trabalhos sobre tais potencialidades foi a tese "Possibilidades da Energia Solar no Nordeste", apresentada no Rio de Janeiro, em 1952, pelo Doutor em Química Jaime Santa Rosa durante o X Congresso Brasileiro de Química.

Ao que consta, o trabalho suscitou fortes iniciativas, lideradas pelo Eng.º Antônio Guilherme da Silveira, para a criação de um laboratório de energia solar na Politécnica de Campina Grande, no estado da Paraíba, mas, que infelizmente, não se concretizou. Há, ainda, registros de iniciativas

semelhantes em outras universidades, mas que também não se realizaram.

Até que, em 1970, durante o I Encontro Nacional de Astronomia na cidade de Souza, estado da Paraíba, o Prof. Júlio Goldfarb apresentou o trabalho "Perspectivas Para Utilização da Energia Solar no Nordeste Brasileiro". O trabalho conseguiu reunir a atenção de outros professores em torno do assunto, vindo a culminar, em fevereiro de 1973, com a criação do Laboratório de Energia Solar - L.E.S. no Campus I da UFPB, pioneiro no país em pesquisas contínuas de energia solar.

A atuação prática do LES iniciou-se com a instalação de 16 estações solarimétricas no estado da Paraíba - trabalho essencial para o conhecimento das potencialidades da região. A equipe de pesquisadores supervisionada e coordenada pelos professores Cleantho da Câmara Torres e Antonio Maria Amazonas Mac Dowell, contava, em seu primeiro ano, com os seguintes professores: Antonio Souto Coutinho; Arnaldo Moura Bezerra; Emerson Freitas Jaguaribe, Júlio Goldfarb; Paulo Martins de Abreu, Rogério Pinheiro Kluppel e Zenonas Stasevskas.

A lista de atuação do LES é extensa, tendo realizado trabalhos nas áreas de baixa e alta concentração, incluindo: aquecimento d'água, destiladores, fogões solares, secadores de frutas, motores térmicos, bombeamento d'água, fornos de alta temperatura para utilização siderúrgica e sistemas para obtenção de hidrogênio. A projeção alcançada pelo trabalho desenvolvido foi bastante significativa, conseguindo, o LES, selar vários acordos internacionais de cooperação e contratos de financiamentos de projetos. Parte desses trabalhos teve boa divulgação, tanto na imprensa como através de seminários, congressos e simpósios. Para melhor divulgação / difusão de seus trabalhos, foi criado, ainda nos primeiros anos, o "Boletim LES", de edição semestral, onde eram publicados trabalhos especializados nas mais diversas ramificações da energia solar.

A motivação para a instituição do LES e mesmo a data de sua criação foi anterior à crise do petróleo, mas essa veio a fortalecer bastante o trabalho daquele laboratório graças aos incentivos governamentais com farto aporte de recursos técnicos e financeiros para as pesquisas em energias alternativas.

Em meados da década de 80, a queda do preço internacional do petróleo afetou, drasticamente, a disponibilização dos incentivos governamentais então vigentes, e o Laboratório foi obrigado a mudar seu foco de trabalho, apesar de manter alguma atividade em torno da energia solar.

Durante o tempo em que conseguiu manter forte atuação, o LES conseguiu produzir bastante conhecimento, mas, pode-se afirmar que, por motivos diversos, pouco foi revertido, diretamente, em benefício das áreas rurais nordestinas. Citem-se os casos dos fogões e destiladores.

Na área de fogões solares, o LES desenvolveu vários modelos, avaliando desempenho e resultado do emprego de novos materiais em sua construção. Os modelos incluíam os dois tipos de fogões solares mais difundidos: o de concentrador parabólico e o de efeito estufa ou "caixa quente". Foi alcançado um estágio de desenvolvimento bastante satisfatório. Mas, apesar de se haver demonstrado a viabilidade de uso e o importante papel que estes tipos de fogões poderiam desempenhar nas áreas rurais do sertão nordestino, especialmente na preservação da caatinga e do cerrado, infelizmente não houve nenhum empreendimento ou programa oficial para sua difusão em larga escala.

Em relação aos destiladores solares, foram feitos vários trabalhos de pesquisa, mostrando sua validade no semi-árido para obtenção de água potável para abastecimento de pequenas comunidades ou mesmo de residências isoladas, a partir de água com alto teor salino. Apesar de reconhecer que o seu custo, comparado a outras formas de obtenção de água destilada, era superior, o boletim L.E.S. destacava a simplicidade de operação e de construção, e que

poderiam ser obtidos preços bem mais baixos com o desenvolvimento de materiais que substituíssem o vidro. Infelizmente, pelo que sabemos, não houve tal progresso e a esperada disseminação dos destiladores não ocorreu.

Outro trabalho que merece destaque é o do Núcleo de Energia - NERG, criado na UFPB, Campus I, em 1977, o qual dividiu vários trabalhos com o LES em energia solar. No NERG, também foram desenvolvidos importantes trabalhos na obtenção de hidrogênio a partir de energia solar, bem como sua utilização em fornos, em motores de combustão e produção de adubos.

Na UFRN, o prof. Nicanor de Azevedo Maia conseguiu bastante sucesso na utilização de hidrogênio em motores à combustão, incluindo os de veículos automotores de passeio. Outro trabalho do prof. Maia, de bastante repercussão na época, foi a concepção de um motor de ciclo térmico, próprio para utilização da radiação solar direta como fonte energética.

Com a mencionada queda no preço do petróleo, todos esses trabalhos tiveram sua desativação ou vieram a sofrer grande descompasso devido à falta de incentivos.

7.1 PANORAMA ATUAL

Já na década de 90, com o desenvolvimento mundial dos painéis fotovoltaicos e a queda nos preços, houve, após a abertura às importações no Brasil, o início de vários programas sociais de implantação de sistemas fotovoltaicos mantidos por ONG's e pelas concessionárias de energia elétrica. Uma das principais aplicações desenvolvidas é a eletrificação em comunidades isoladas. O grande número de residências rurais não assistida por rede pública de eletrificação no Nordeste aumenta muito a importância destes programas.

Tais sistemas são vistos pelas concessionárias como uma pré-

eletrificação, devido à baixa potência dos sistemas, geralmente individuais, que giram em torno de 70 a 100 Watts pico, e que visam a dotar as residências de iluminação e força para pequenos aparelhos de som ou de televisão. Por este motivo, algumas ONG's referem-se a seus programas como substitutos da pilha e do querosene, combustível geralmente utilizado para alimentar as lamparinas. Sistemas centralizados de recarga de baterias também foram implantados em alguns programas para atendimento de comunidades menos dispersas, mas, posteriormente, foram convertidos em sistemas individuais.

Os sistemas fotovoltaicos têm trazido muitos benefícios às comunidades rurais através de programas sociais, possibilitando funcionamento de postos de saúde e dotando escolas rurais de boa iluminação, água potável e recursos como videocassete, aparelhos de televisão e antenas parabólicas. O Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM - criado em 1994 pelo Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético do Ministério das Minas e Energia com o objetivo de atender às populações desassistidas da rede elétrica convencional contribuiu muito nesse sentido. A maioria das ONG's e concessionárias envolvidas no trabalho de implantação de sistemas fotovoltaicos, além de manter seus próprios programas passaram a ser agentes executores do PRODEEM.

A obtenção de água potável, um dos maiores problemas do semi-árido nordestino, também tem sido conseguida com muita eficiência por sistemas de bombeamento de água de poços e dessalinizadores alimentados por energia fotovoltaica.

8. A HUMANIDADE E O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Conforme demonstrado em capítulos anteriores, o homem, em toda sua comodidade atual, necessita do uso da energia elétrica e vem utilizando-se de tal recurso de forma abundante.

Já nos fora comprovado que a energia elétrica, usada sem controle, pode vir a esgotar-se em um futuro próximo, como o que ocasionou os “apagões” há alguns anos, provindo da falta de chuva.

8.1 CONSUMO RESIDENCIAL

O homem utiliza-se da energia elétrica nos mais diversos aparelhos residenciais, que vão desde a geladeira, até um simples rádio. A facilidade em acender uma luz através do interruptor, ou ligar o aparelho em uma tomada de voltagem convencional 110V, fez do ser humano um acomodado telespectador, que parece não preocupar-se com a falta de certos recursos naturais (carvão, gás, e até a água). Apenas preocupam-se quando deparados com uma crise capaz de propiciar falta de energia ¹ ou racionamento da mesma, como o ocorrido com a crise do petróleo em 1973, que obrigou o homem a buscar novas formas de energia renováveis. Nesta época, até o governo se mostrou preocupando, investindo em pesquisas que comprovassem e buscassem soluções para a falta de um dos recursos naturais mais utilizados na realização de energia – o petróleo.

Atualmente, os investimentos empregados na tentativa de utilizar métodos naturais renováveis de elaboração de energia são muito inferiores aos

(1) Aqui utilizado como sinônimo de comodidade; conforto;

necessários, fazendo com que pesquisas neste campo caminhem em “passo de tartaruga”. Porém, alguns pesquisadores são otimistas, mas culpam o governo pela falta de incentivo dado.

8.2 GASTOS DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA RESIDÊNCIA

Ao contrário do que se imagina, não é o chuveiro elétrico o responsável pelo grande consumo de energia, e sim os refrigeradores – equipamento indispensável, que não pode permanecer por muito tempo desligado.

Tabela 2: Comparativo de equipamentos no gasto de energia, em porcentagem, em uma residência.

Geladeira	30%
Chuveiro	25%
Iluminação	20%
Eletrodomésticos	15%
TV, rádio e vídeo	10%

Fonte – CPFL (2004)

O chuveiro elétrico é o segundo no *ranking* do consumo de energia e, como seu uso pode ser racionado, é o alvo das companhias elétricas no caso de uma eventual crise energética.

8.3 CONSUMO INDUSTRIAL

Na crise já elucidada anteriormente e que propiciou racionamento de energia elétrica, as empresas e indústrias foram as mais afetadas, uma vez que o consumo de energia elétrica passa de comodismo para necessidade.

Porém, muitos são aqueles que acreditam que as fontes naturais de energia perdurarão por muitos milhões de anos, contradizendo especialistas que afirmam que, no ano de 2010, já sofreremos com a falta de alguns minérios encontrados na natureza.

9. SOLUÇÃO

A solução para a falta de energia (elétrica ou não) que assola a humanidade pode ser resolvida com a utilização de recursos naturais renováveis como o vento, a água e o Sol. A utilização do vento já por muito vem sendo empregada, principalmente na zona rural e em lavouras, como é o caso de moinhos construídos a base da força eólica, que gera energia para aproveitar água que se encontra em locais mais afastados. Porém, como já elucidado anteriormente, tal método é inútil na falta do vento, necessitando de outros meios paralelos.

A verdade é que devemos usar as fontes de energias alternativas de acordo com o que oferece o local. Se for um meio propício a energia solar usamos esta, se for apropriado para a eólica, que seja adaptado, e se for para hidroelétrica o meio mais favorável devemos continuar a usá-lo.

A hidrelétrica é o meio mais utilizado na “fabricação” da energia elétrica, mas que propicia danos naturais já aclarados anteriormente. O Sol, assim, parece ser o método mais antigo e ainda sim, mais recomendado na conversão de energia. Com ele podemos adquirir diversas formas de energia ou aproveitamentos como produção de energia térmica (que pode ser posteriormente transformada em energia mecânica), a fotoquímica, a produção de álcool, de hidrogênio e da tão aclamada energia elétrica. Todos os processos de aproveitamento já foram explicados neste trabalho. Por isso, nos atentaremos a definir soluções concisas no aproveitamento direto da energia Solar em utensílios domésticos, como a geladeira, o chuveiro e demais equipamentos.

9.1 O SOL E O CHUVEIRO ELÉTRICO

A solução no uso da energia solar para o aproveitamento da água aquecida é o método mais aproveitado de tal meio natural abundante e inesgotável. Através de um coletor plano, que com demais materiais, transforma-se em um aquecedor solar (veja figura 6).

Outra solução seria transformar a energia solar em energia elétrica através do método fotovoltaico e, posteriormente, aproveitar a energia elétrica para aquecer a água em um chuveiro elétrico.

Pode-se armazenar a energia elétrica provinda da energia solar por meio de baterias, garantindo seu uso mesmo que em dias nublados e, portanto, pouco aproveitáveis.

9.2 O SOL E O REFRIGERADOR

O refrigerador convencional de uma residência deve funcionar a energia elétrica. Porém, propomos que tal energia seja gerada pela energia solar através, também, do sistema fotovoltaico.

Vale ressaltar duas características importantes da energia fotovoltaica são a modularidade e a ampla gama de potência em que poder ser obtida. Ela serve tanto para alimentar um relógio de pulso ou calculadora quanto para, através de uma grande central fotovoltaica, fornecer eletricidade a uma cidade inteira.

No campo das centrais de alta potência, as experiências de maior porte estão no oeste norte-americano. A maior central fotovoltaica do mundo funciona na Alemanha, com uma potência de 4 Mega Watts (4 milhões de watts).

A única barreira atual, no Brasil, é o custo inicial para aquisição de um sistema de conversão fotovoltaico, proveniente da falta de incentivo e aplicabilidade. O lado positivo, porém, está no fato de o gasto ser apenas inicial, uma vez que o gasto mensal que estamos acostumados a ter com contas de energia elétrica tradicionais, desapareceria. Vale ressaltar que as placas aqui mencionadas possuem uma durabilidade média de 25 anos.

10. CONCLUSÃO

O Sol é o meio natural mais viável e prático de se obter energia elétrica. Acreditar que o problema das mudanças climáticas e escassez da chuva não mais afetarão o Brasil como no ano de 2001,(fato este que obrigou o país a utilizar-se de métodos de racionamento da energia elétrica) é no mínimo ilusionista.

Apesar de os atuais métodos de utilização da energia solar serem eficazes, seu estudo e o aperfeiçoamento da sua utilização ainda podem ser aprimorados, antes que os métodos convencionais de aquisição de energia elétrica se escasse, o que seria no mínimo incoerente imaginar dúvida relação de tal situação com os meios de sobrevivência e conforto do mundo atual.

Além de ser o melhor meio direto de se conseguir energia elétrica, tal método parece ser o único realmente eficaz, sem causas de danos nenhum.

Está na hora de os órgãos governamentais responsáveis começarem a preocupar-se e a investir na busca de maneiras paralelas de se conseguir energia elétrica, antes que o mundo padeça algum tempo sem a aquisição da mesma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO, J. GOLDEMBERG, J.: *Economia e política da Energia*. Livraria José Olympio Ed., Rio de Janeiro, 1980.

GOLDEMBERG, J: *Energia Nuclear no Brasil*. LTC, Rio de Janeiro, 1979.

HALACY JUNIOR, D.S.: *Energia Solar : Uma Nova Era*. Cultrix, São Paulo, 1963

HUBBERT, M.K. The Energy Rescue of Earth. *Scientific American*, v.224, p. 60, 1971

LUIZ, ADIR M., SANTOS J.C: *Disponibilidade de Energia Solar no Brasil*, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.44, p. 1, 1972.

M.M.E. (Ministério das Minas de Energia): *Balanço Energético Nacional*. Brasília, 1984.

NEVILE , R.C.: Solar Energy Collector Orientation And Tracking Mode. *Solar Energy*, v.20, p.7, 1978.

SILVA, REGINA C.B.C.: *Utilização da Energia Solar*. Revista de Física, Escola Nacional de Engenharia, nº 1, p. 49, Rio de Janeiro, 1962.

Site CPFL(Companhia Paulista de Força e Luz): www.cpfl.com.br