



**Centro Universitário de Brasília
Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento - ICPD**

RÔMULO LUCENA SILVA

VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL.

**Brasília
2012**

RÔMULO LUCENA SILVA

VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para a obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável*.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Drummond Câmara

Brasília, 28 de setembro de 2012.

Banca Examinadora

Prof. Dr. João Batista Drummond Câmara

Prof. Msc. Luciana de Paiva Luquez

RESUMO

O presente estudo buscou verificar a viabilidade da inclusão da energia solar na matriz energética brasileira de forma significativa, propondo novas formas de aplicações práticas. Foram analisados: o uso da energia solar hoje, a possibilidade de expansão; e sugeridas outras aplicações diferentes da fotovoltaica, que é a forma de energia solar mais conhecida hoje. Na metodologia utilizada foram comparados os valores de diversas usinas nacionais e internacionais; solares e hidrelétricas. Entre os dados levantados encontram-se: país onde a usina está instalada, megawatts de potência, custo de instalação e tecnologia utilizada. Fez-se necessário a padronização dos valores em dólares. Pelo fato do Brasil não ter muitas usinas solares representativas, possuindo apenas a usina solar de Tauá no Ceará, que produzirá energia solar de forma significativa e somente após sua expansão, fez-se necessário a busca deste dados em outros países. Hoje, segundo o BIG – Banco de Informações Geradoras, com apenas 5,5 MW de potência, a energia solar sequer pontua no percentual da matriz energética brasileira que é de 123.740,3 MW. Buscando mudar esta realidade este trabalho se apresenta com propostas de ideias e soluções inovadoras para este país, mas já existentes ao redor do mundo e que podem ser aplicadas no Brasil. Conclui-se que a energia solar, pode ser utilizada para diversificar e ampliar a matriz energética brasileira, necessitando de interesse empresarial e fomento do Governo para seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Energia Solar. Matriz Energética. Hidrelétrica. Usina Solar.

ABSTRACT

The present study aimed to verify the feasibility of inclusion of solar energy in the Brazilian energy matrix significantly proposing new forms of practical applications. Were analyzed: the use of solar energy today, the possibility of expansion, and were suggested other applications different than photovoltaics, which is the form of solar energy well known today. In the methodology were compared the values of several national and international power plants, with solar and hydropower. Among the data collected are: country where the plant is installed, megawatts of power, installation cost and technology. It was necessary to standardize the costs in dollar amounts, because in terms of solar energy in Brazil, only Tauá solar plant in Ceará, will produce solar energy significantly, only after its expansion, so was necessary to look for power plants from another countries. Today, according to BIG – Generating Information Bank, with only 5.5 MW of solar energy produced, it even scores in the percentage of the Brazilian energy matrix, which is currently 123.740,3 MW. Seeking to change that, this work is presented with proposals for innovative ideas and solutions around the world, that can be applied in Brazil. It is concluded that solar energy can be used to diversify and amplify the country's energy matrix, requiring business interest and encouragement by the Government.

Key Words: Solar Energy. Energetic Matrix. Hydroelectric. Solar Power.

SUMÁRIO

Sumário

INTRODUÇÃO	6
Problema	9
JUSTIFICATIVA	9
OBJETIVOS	11
Objetivos Gerais	11
1 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	21
3 COLETA DE DADOS	25
3.1 Hidrelétricas	25
Corumbá III	26
Corumbá IV	27
Itaipu	30
Três gargantas – China	32
Hoover Dam – Estados Unidos	33
3.2 Usinas Solares	35
First Solar	37
Solar Electric Generating Systems	37
Charanka Solar Park	39
Solar One	40
PS 10 – Planta Solar 10	41
Usina Solar Tauá - Brasil	42
Produção de Painéis Solares pela China	44
ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO	46
Outras alternativas para o uso da energia solar.	59
Barracas Solares	59
Cozimento de alimentos.	59
Uso em fornalhas para derreter metais.	60
Uso em automóveis	64

Uso em outros meios de transporte.	64
Uso em brinquedos movidos a pilhas ou baterias.	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	70

INTRODUÇÃO

No princípio das civilizações os seres humanos usavam basicamente a força de seus músculos e algumas ferramentas rudimentares para sobreviver. Com o passar dos anos houve a necessidade de desenvolver novas fontes energéticas, para ampliar a produção de alimentos. Com isso, os seres humanos puderam se dedicar a outras atividades, entre elas as inovações tecnológicas. Como exemplo cita-se o domínio do metal – século VI A.C. ou do bronze século VIII A.C. Conforme nos diz Tessmer (2011). Assim temos a metalurgia, trazendo consigo uma gama de alterações comportamentais no modo de vida e na produção de artefatos mais eficientes que os de paus, pedras e ossos. Isso ocorreu graças ao uso do carvão, óleo e gás usados como combustível das caldeiras, fornalhas e trens. Seguindo na escala do tempo chegamos à revolução industrial – século XVIII, quando se tornou comum em todo o mundo a migração do campo para as cidades, e com isso um aumento significativo no consumo energético.

No fim do século XIX surge a eletricidade e com ela uma nova demanda de atividades pelas cidades desde iluminação pública até o conforto gerado pelos sistemas de ar-condicionado e aquecedores dentro das residências. Já no século XX, passamos a usar em larga escala o mais versátil dos combustíveis fósseis, o petróleo. Assim saímos da pré-história com o homem nômade que consumia em torno de 5.000 Kcal/dia, para incríveis 77.000 Kcal/dia, durante o fim da revolução industrial. Essa breve linha do tempo mostra que a demanda de energia pela humanidade vem aumentando em ritmo exponencial. Atualmente

estamos próximos a um ponto de estagnação. Isto é, necessitamos novamente de buscar outras fontes energéticas para mantermos o desenvolvimento como sociedade, o que implica novamente em uma mudança da matriz energética, mas desta vez essa mudança necessita vir acompanhada de um uso sustentável, pois desde o início da humanidade até o século XX pouca importância foi dada aos impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas. Essa preocupação só passou a ser oficialmente considerada no fim do século XX, mais precisamente em 1987, no relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Sabe-se que as fontes de energia são fundamentais para o desenvolvimento das atividades humanas, e se dividem basicamente em dois tipos: fontes não renováveis e renováveis. Estas são pouco exploradas, isso se pensarmos a nível global, já aquelas geralmente vêm dos combustíveis fósseis como: petróleo, gás natural e carvão mineral. Ocorre que estas fontes trazem problemas ambientais antes não considerados, como por exemplo: a poluição atmosférica, degradação ambiental para obtenção, riscos de vazamento além do esgotamento de suas reservas.

Outra fonte não renovável que está em grande discussão hoje vem do urânio. Embora tenha alto poder energético, é necessário muita cautela ao utilizá-lo, sob pena de se gerar um acidente nuclear, e mesmo no caso de não ocorrer erros no manuseio há o risco de intempéries ambientais acabarem por trazer catástrofes ambientais, tal como ocorreu em Fukushima no Japão em março de 2011.

Pensando em uma solução possível para uso das matrizes energéticas renováveis, para redução do consumo das jazidas de combustíveis fósseis, e conseqüentemente redução da poluição, desponta-se uma fonte energética que se renova a cada dia, e que sempre existirá, enquanto houver vida na Terra - chega-se então a energia solar que pode ser usada como solução ecológica e sustentável em muitos aspectos como veremos ao longo deste trabalho.

Este trabalho buscou verificar a viabilidade da energia solar no Brasil, aplicando-a em diversas situações tais como: metalurgia, uso em termelétricas e até em células fotovoltaicas. Com a adoção plena da energia solar no Brasil poder-se-á estimar os benefícios da inclusão desta energia renovável na matriz energética brasileira, o que contribuiria significativamente na redução da necessidade de construção de novas hidrelétricas, pois estas, mesmo que produzam energia limpa, geram uma série de impactos ambientais em sua instalação acarretando danos ambientais, perda de fauna e flora, além de impactos diretos nas populações ribeirinhas.

Com maior difusão da energia solar também seria possível alcançar uma distribuição energética melhor em nosso país alcançando os lugares mais remotos onde não há linhas de transmissão ou seu custo de implantação se torna inviável.

Problema

Seria viável incorporar a energia solar de forma representativa na matriz energética brasileira? E isto reduziria a necessidade de uso e instalação de usinas das demais fontes?

JUSTIFICATIVA

As economias dos países demonstram claramente que para haver desenvolvimento e crescimento econômico, é necessário antes, investir em uma matriz energética sólida.

A China se tornou a principal produtora de células fotovoltaicas.

De acordo com entrevista do ex-presidente Bill Clinton à Revista VEJA Alcântara (2011) relata:

Vocês (Brasil) tem sido visto como duas formas em relação a sua imagem ambiental. A primeira é um país ambientalmente exemplar, que diminuiu o desmatamento, que possui cerca de 90% da frota automobilística podendo ser movida a combustível biológico, e quase toda sua eletricidade é gerada de maneira limpa. Já a visão ruim revela um Brasil que usa pessimamente o seu potencial para geração de energia solar, que se aproveitado em sua plenitude evitaria todas as pressões sobre a Amazônia, que hoje preocupam o mundo, como o avanço das plantações sobre a mata nativa e as controversas novas hidrelétricas em terras indígenas.

Assim, do ponto de vista socioeconômico, este trabalho visa colaborar para o despertar de um novo modelo energético para o desenvolvimento do Brasil. Sabemos que as hidrelétricas são uma fonte de energia renovável, porém, considerando os impactos de sua instalação; principalmente nas comunidades ribeirinhas; ou ainda a pressão sobre as reservas indígenas, como é o caso de Belo Monte, e; o alagamento dos rios e perda de: vegetação, solo, animais; e o impacto ambiental gerado; e por fim os gases emitidos pela matéria orgânica coberta pelas águas, podemos questionar se realmente este é o modelo mais adequado para produção de energia elétrica no Brasil.

O presente estudo pode servir de base para estimular o desenvolvimento de outros trabalhos que possam abranger novas tecnologias para produção energética solar. Não se limitando apenas a geração de energia elétrica. Como veremos poderá ser aplicada em diversos setores, por exemplo cita-se o possível uso na metalurgia, para fundição de metais, contribuindo para reduzir: o uso de carvão mineral e a emissão de gases. Pode-se também melhorar o aproveitamento energético nas cidades, em relação à geração de energia limpa e de baixo impacto.

O interesse de verificar um possível aumento do uso da energia solar nasce da vontade de ajudar o Brasil a resolver questões ambientais como o caso da construção da hidrelétrica de Belo Monte, de buscar uma solução ainda mais limpa que a matriz energética atual, que viesse de uma fonte que sempre existirá, além de não produzir qualquer gás ou resíduo tóxico de seu uso, solucionando problemas como aquecimento regional causado por gases. Outro motivo seria a busca de uma energia que minimize os impactos em sua instalação, além de reduzir a necessidade

de construção de mais hidrelétricas pelo Brasil, o que implicaria em mais áreas alagadas, assoreamento dos rios, populações afetadas e menor disponibilidade do solo para produção de alimentos.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos:

Objetivo Geral

Verificar a viabilidade de ampliação do uso de energia solar na matriz energética brasileira e, havendo viabilidade, sugerir aplicações práticas em diversos setores de forma a reduzir a necessidade de instalação das demais usinas.

Objetivos Específicos

- Analisar o uso da energia solar no Brasil.
- Verificar a possibilidade de sua expansão.
- Caso seja viável sugerir novas formas de aplicar esta fonte energética no Brasil.

No primeiro capítulo consta o referencial teórico. No segundo capítulo estão os procedimentos metodológicos adotados. Logo depois no capítulo três, vem a coleta dos dados. Este capítulo é o maior de todos pois descreve os dados das diversas usinas solares e hidrelétricas encontradas. Por fim vem o capítulo quatro com a análise dos dados, discussão e apresentação de novas alternativas para o uso da energia solar no Brasil.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com o Anuário da Análise Energia (2008), o Brasil possui cerca de 90% de autossuficiência energética. Considerando que a principal forma de produção energética vem de hidrelétricas, e que do total de potencial hidrelétrico a Amazônia apresenta 41% sendo que contribui apenas com 1,5% da energia gerada no país, e que os maiores rios brasileiros encontram-se no norte do país, percebe-se claramente uma pressão para que se instalem mais hidrelétricas no norte do país.

Os grandes problemas das hidrelétricas se dão na sua instalação. Como exemplo alguns deles estão listados abaixo:

1. Desapropriação das terras da população local, principalmente as ribeirinhas;
2. A escavação e impermeabilização do solo;
3. Necessidade de transporte de grandes toneladas de materiais, causando ainda maior impacto por parte de caminhões, tratores, e carros.
4. Os alagamentos para formação dos reservatórios.
5. A perda de terreno, que por ser às margens de um rio, geralmente é agriculturável.
6. Diminuição da Biodiversidade local, podendo acarretar desequilíbrio ecológico entre as espécies.
7. Geração de indenização para os proprietários de terras alagadas.

8. Necessidade de aumento das linhas de transmissão a fim de distribuírem a nova energia gerada, criando novo impacto.
9. Eutrofização do lago pela decomposição da matéria no local do represamento e conseqüente morte de mais animais.
10. Emissão de gases, como o metano, durante vários anos, devido à matéria orgânica que fica submersa nas águas artificiais.
11. E perda de recursos naturais, que não são aproveitados em outra atividade.

Por estes problemas causados, é interessante verificar se, para o Brasil, esta é realmente a fonte mais adequada.

Assim, para aferirmos a possibilidade de uso da energia solar de forma maciça no Brasil é necessário primeiro conferirmos o quanto de energia solar é usada hoje no país.

Novamente de acordo com o Anuário da Análise Energia (2008) o Uso da Energia solar em usinas de energia é feito apenas em uma unidade – Araras, localizada em Roraima, com 0,02 MW de potência.

Entretanto de acordo com o Portal Fator Brasil (2011), foi inaugurada, em 04 de agosto de 2011, a primeira usina solar da América Latina, localizada em Tauá, Fortaleza – CE. E sua capacidade de Geração é de 1MW, prevendo uma expansão para 2 MW até 2013.

Já de acordo com Aldabó (2002 apud SHAYANI, 2011, p. 41).

a energia solar incidente na Terra a cada dia é equivalente a toda a energia consumida no mundo por 27 anos. A energia solar de três

dias é equivalente à energia armazenada em todas as fontes conhecidas de energia fóssil: petróleo, gás natural e carvão.

Em outras palavras seria possível a geração de energia independente dos combustíveis fósseis. De acordo com Shayani (2011) A geração e energia elétrica seria possível utilizando-se apenas recursos solares, ondas, ventos e a força hidráulica.

Por estes dados percebe-se que há ainda pouco investimento nesta forma de energia. No Brasil, apenas 1,02 MW de potência são produzidos em usinas solares. Verifica-se o sub-aproveitamento desta fonte, principalmente se compararmos ao total geral de energia produzida no Brasil.

E de acordo com Lester (2003) o programa energético do futuro terá base no uso de energia solar, eólica e hidrogênio. A Alliance to Save Energy, propôs à política energética dos Estados Unidos da América um foco na eficiência energética e na redução da necessidade de construção de 1.300 usinas propostas pelo governo americano. Assim, para reduzir a necessidade de aumento energético foram propostas ações como:

I) Adoção de normas de eficiência para eletrodomésticos. Isso retiraria a necessidade de 127 usinas até 2020.

II) Caso se aumentasse a rigidez adotando a forma proposta pelo ex-presidente Bill Clinton seriam reduzidas 43 usinas.

III) Se fossem feitas normas mais rigorosas para sistemas de ar-condicionado seriam menos 50 usinas necessárias.

IV) Uma melhoria em novas construções durante os vinte anos reduziria a necessidade de 170 usinas.

V) Melhoria nas construções antigas (como ar, refrigeração, iluminação) eliminaria a necessidade de 210 usinas.

Somando essas cinco medidas seriam reduzidas as necessidades de implantação de 600 usinas hidrelétricas nos Estados Unidos. Isso sem considerar o retorno de cerca de 30% na economia de energia. Dessa forma a Amory Lovins, do Rocky Mountain Institute, ganharam reputação internacional vendendo a ideia de que é mais barato economizar energia do que comprá-la.

Ainda de acordo com Lester (2003) a Energia Solar é a segunda fonte que mais cresce no mundo, atrás apenas da eólica. Sendo uma alternativa nova que surgiu em 1952 quando descobriram um material à base de silício que produzia energia se atingido pela luz solar.

No princípio, sua aplicação teve o foco para o uso em satélites e seu preço era muito elevado, cerca de US\$ 70, o que foi reduzido e hoje chega a ser US\$ 3,50 por watt, com tendência de queda, pelo avanço tecnológico e industrial. Já em relação à aplicação de Células Fotovoltaicas o autor aponta que no Japão as paredes e tetos dos prédios já funcionam como usinas produzindo energia e até mesmo fornecendo energia para a rede elétrica com medidores de via dupla que registram o quanto de energia chega do edifício para a rede e o quanto está sendo consumido da rede.

Já o ex-presidente americano Clinton (ALCÂNTARA, 2011), cita que a China está entrando no mercado de produção de células fotovoltaicas e uso da

energia solar, com isso o preço poderá cair ainda mais. Ele também diz que o Brasil perde tempo em não acompanhar a China, em virtude de nosso imenso potencial solar, ao passo que aumentamos a pressão sobre as florestas com construções de hidrelétricas.

Ressalte-se que há ainda outros usos para a energia solar que não abrangem células fotovoltaicas. Nos Estados Unidos da América, no estado de Nevada, existe uma usina solar chamada *Solar One*; ela usa espelhos côncavos que aquecem um óleo no ponto focal a cerca de 400 graus Celsius e posteriormente esse óleo passa por um reservatório de água, onde o vapor gerado passa por uma turbina que gera energia. Esse processo gera energia limpa e isenta de emissão de carbono.

Há ainda outro uso que seria pela concentração de raios solares para derreter chapas de metal, assim poderíamos reciclar diversos tipos de sucatas, desde carros até latas de refrigerante, reduzindo a necessidade de extração da natureza e aumentando o reaproveitamento de muitos ferros velhos. Outro benefício seria a redução do uso de carvão mineral em fornalhas para derreter metais e fabricar lingotes metálicos, além da emissão zero de gases na atmosfera.

Essas mesmas ações de redução energética poderiam ser adotadas no Brasil, eliminando a necessidade de novas Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs, aliadas a produção de energia vinda dos edifícios das metrópoles, que poderiam ser usados como usinas solares, isto reduziria ainda mais a necessidade de construções de PCHs e linhas de transmissão, uma vez que os próprios edifícios poderiam gerar e consumir sua energia.

Hoje no Brasil, o principal uso da energia solar se dá no aquecimento de águas residenciais. Assim, há um mercado amplo para investimento, pesquisa e aplicação desta matriz energética no país.

Foi realizado um estudo pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, (2003) intitulado: Estado da Arte e Tendências das Tecnologias para Energia. Em relação à energia solar este documento aponta que:

Esse setor possui grande potencial para expansão no país e os principais desenvolvimentos deverão ser feitos compreendendo as seguintes áreas:

- Redução de custos: manufatura, materiais, qualidade da automação
- Aumento da eficiência de conversão: películas, tintas, isolamento, novas coberturas.
- Análise de componentes / sistemas completos
- Novos tipos de coletores (tubos evacuados, concentradores estáticos) (80)
- Suporte de engenharia a projetos: softwares, contratos de desempenho.
- Demonstração no sistema de habitação; pré-aquecimento industrial, hotéis, escolas, etc.
- Capacitação de profissionais.

Este mesmo estudo aponta também que o Brasil detém cerca de 90% do silício mundial com potencial fotovoltaico economicamente aproveitável. E que os valores de custo previsto mostram que o uso de PV (Células Fotovoltaicas) será de grande importância neste século, competindo já nos próximos anos em “nichos” crescentes; (CGEE, 2003).

Porém, desde 2003 até 2011 não se viu investimento significativo no desenvolvimento deste tipo de energia no Brasil.

Shayani (2011, p. 31) fez uma interessante comparação entre fontes de geração de eletricidade:

A utilização de máquinas rotativas, tais como turbina e gerador, necessitam de uma rotina de manutenção mais complexa, devido ao desgaste natural das peças móveis, além de gerar poluição sonora durante o seu funcionamento. A queima, em uma caldeira, de combustível fóssil emite gases nocivos ao meio ambiente. A necessidade de diversos componentes associados ao processo aumentam a possibilidade de falhas na geração de energia.

Já a energia fotovoltaica possui apenas células solares, responsáveis pela geração de energia, e um conversor CC-CA para transformar a tensão e frequência para os valores nominais dos aparelhos. Este “processo é mais simples, sem emissão de gases poluentes ou ruídos e com uma necessidade mínima de manutenção.

Outros países já estão investindo nesta fonte. De acordo com Montenegro (2011), na Alemanha, uma cidade solar foi criada, e constatou-se que produzia mais energia do que a consumida. Ela está localizada em Freiburg. Foi constatado que a cidade produzia quatro vezes mais energia que a consumida. Assim, o excesso é vendido para o setor público e gera lucro para o condomínio que possui o sistema solar integrado a rede elétrica.

Na elaboração do presente estudo adotou-se as seguintes nomenclaturas:

De acordo com o Caderno Temático 3 da ANEEL (ANEEL, 2005) os termos energia firme, energia assegurada e potência instalada são definidos como:

A energia firme de uma usina hidrelétrica corresponde à máxima produção contínua de energia que pode ser obtida, supondo a ocorrência da seqüência mais seca registrada no histórico de vazões do rio onde ela está instalada.

A energia assegurada do sistema elétrico brasileiro é a máxima produção de energia que pode ser mantida quase que continuamente

pelas usinas hidrelétricas ao longo dos anos, simulando a ocorrência de cada uma das milhares de possibilidades de seqüências de vazões criadas estatisticamente, admitindo certo risco de não atendimento à carga, ou seja, em determinado percentual dos anos simulados, permite-se que haja racionamento dentro de um limite considerado aceitável pelo sistema. Na regulamentação atual, esse risco é de 5%.

Potência Instalada Soma das potências nominais de equipamentos elétricos de mesma espécie instalados na unidade consumidora e em condições de entrar em funcionamento.

Assim, verifica-se que muita propaganda das hidrelétricas é feita em cima de sua potência instalada, que conforme definição da ANEEL e observado nos estudos de viabilidade, não representa a potência contínua de geração elétrica. Esta produção constante é assegurada pela energia firme e nos próximos capítulos essa diferenciação será evidenciada. Perceber-se-á a diferença entre a comparação de potência instalada e de energia firme.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa baseia-se na hipótese de que é possível inserir a energia solar na matriz energética brasileira de forma significativa.

De acordo com Marconi e Lakatos (2003, p.42): “A função da hipótese, na pesquisa científica, é propor explicações para certos fatos e ao mesmo tempo orientar a busca de outras informações.”.

Por isso, para comprovar esta hipótese, busca-se reunir o conhecimento bibliográfico sobre os dados energéticos do Brasil e verificar a viabilidade de implantação da energia solar com o uso de tecnologias já existentes no mundo, o que diversificaria a matriz energética deste país.

Para alcançar este objetivo, fez-se necessário também uma pesquisa quantitativa e qualitativa. De acordo com Günther (2006, p. 203):

Uma distinção mais acentuada entre a pesquisa qualitativa e a pesquisa quantitativa diz respeito à interação dinâmica entre o pesquisador e o objeto de estudo. No caso da pesquisa quantitativa, dificilmente se escuta o participante após a coleta de dados. Uma inclusão de acontecimentos e conhecimentos cotidianos na interpretação de dados depende, no caso da pesquisa quantitativa, da audiência e do meio de divulgação.

Assim a coleta de dados para comparação dos megawatts das diversas usinas de energia apresenta-se como pesquisa quantitativa. Já a análise destes dados e a comparação entre eles representa a parte qualitativa, demonstrando a interação entre os dados coletados. Assim, para compreensão e análise dos dados

coletados faz-se necessário tanto a pesquisa quantitativa quanto a qualitativa que serão apresentadas mais adiante.

No capítulo **Análise dos Dados e Discussão** - será mostrada uma tabela com a compilação dos dados obtidos das usinas. Esta tabela resume as principais informações do que foi levantado além de conter observações sobre elas.

Para que se pudesse descobrir a viabilidade da inclusão da energia solar na matriz energética brasileira foi necessário levantar junto às instituições responsáveis pelas hidrelétricas e usinas solares quais foram seus custos de instalação e então comparar os dados e analisar o valor final. As informações foram levantadas basicamente junto aos órgãos do governo, como por exemplo: a ANEEL, a Eletronorte e as empresas energéticas. No caso das usinas internacionais, os dados foram obtidos pela Internet nos endereços eletrônicos das usinas.

Em virtude do baixo número de usinas solares no Brasil - somente oito pequenas centrais elétricas, sendo que apenas uma chega a 1 MW, e as outras sete somadas não chegam a 0,5 MW - Dados extraídos do BIG (Banco de Informações de Geração). Fez-se necessário buscar dados de usinas solares em outros países que possuem este tipo de energia incorporada à sua matriz energética de forma mais significativa. Por isso, também foram incluídas hidrelétricas de outros países para fins de comparação, pois, já que foram buscadas novas tecnologias para energia solar ao redor do mundo, se torna necessário fazer o mesmo com as hidrelétricas. Tendo especial destaque para as maiores do mundo. Atualmente Três Gargantas na China detém o posto, mas Hoover Dam, nos Estados Unidos, também já ocupou a posição de maior hidrelétrica do mundo.

Para a obtenção dos dados foram realizadas pesquisas na Internet nos portais oficiais da ELETRONORTE, ELETROBRÁS, Itaipu e das empresas responsáveis pelas usinas solares; além de contatos com os funcionários a fim de obter os dados das hidrelétricas. Um problema encontrado nesta etapa foi a falta de padronização dos relatórios, especialmente os RIMAs – Relatórios de Impactos do Meio Ambiente – das usinas. Houve dificuldade em adquirir os dados, pois os valores estavam muito dispersos, em alguns casos não havia um quadro resumo capaz de informar claramente os valores, tanto em custos financeiros que estavam em US\$ (dólares) ou em R\$ (reais), quanto em Megawatts (MW). Assim, para facilitar o entendimento serão citadas as usinas hidrelétricas, os valores obtidos no capítulo 4 estas informações estão padronizadas para possibilitar uma análise mais clara do que foi obtido.

Houve uma pesquisa na Eletronorte, em Brasília no dia 12 de setembro de 2011, onde foi repassada a informação de que os dados necessários a esta pesquisa poderiam ser obtidos por meio da Internet no sítio: www.eletronorte.gov.br. Porém, somente durante a Semana da Ciência e Tecnologia, ocorrida entre 17 a 22 de outubro de 2011, na Esplanada dos Ministérios em Brasília, foi possível estabelecer um contato por e-mail com a área de comunicação da Eletronorte, que posteriormente possibilitou um contato também com a parte técnica, responsável pelos estudos e projetos ambientais de geração. A partir de então, por meio de troca de e-mails foi dada a orientação necessária para obtenção dos dados no sítio da Eletronorte/Eletronorte.

Outra forma de obtenção dos dados se deu por meio de amigos que trabalham na Eletronorte e na ANEEL, que facilitaram a pesquisa dos dados e mostraram os locais onde poderiam ser obtidos na Internet.

3 COLETA DE DADOS

Neste capítulo serão apresentados os dados obtidos que estão organizados pelo nome da usina. Para fins de organização serão apresentados primeiro os dados das hidrelétricas. Posteriormente estão as usinas solares e suas diversas tecnologias de funcionamento.

Antes da apresentação dos dados, convém esclarecer que não serão avaliados os custos com mão de obra e geração de empregos indiretos, pois o objetivo deste trabalho foi a análise do custo de instalação das hidrelétricas e comparar com os custos de usinas solares, dos seus diversos tipos desde a energia fotovoltaica, a concentração solar em dutos e a termo solar, que usa o sal líquido para armazenar calor do sol.

3.1 Hidrelétricas

De acordo com a ANEEL o Brasil figura entre os países que mais utilizam hidrelétricas, possuindo três das cinco maiores hidrelétricas do mundo, como demonstrado na tabela abaixo:

Tabela 1 – Maiores hidrelétricas do mundo

Usina Hidrelétrica (País)	Potência em Megawatts (MW)
1º. Três Gargantas (China)	18.200
2º. Itaipu (Brasil/Paraguai)	14.000
3º. Belo Monte (Brasil) [Em construção]	11.233
4º. Guri (Venezuela)	10.000
5º. Tucuruí I e II (Brasil)	8.370
6º. Grand Coulee (EUA)	6.494
7º. Sayano-Shushenskaya (Rússia)	6.400
8º. Krasnoyarsk (Rússia)	6.000
9º. Churchill Falls (Canadá)	5.428
10º. La Grande 2 (Canadá)	5.328

Fonte: ANEEL (2010)

Corumbá III

A seguir a figura 1 mostra o Estudo de Impacto Ambiental do Consórcio Corumbá III, localizado em Goiás próximo ao rio corumbá.

	(R\$ $\times 10^3$)
ITEM	CUSTO
Terrenos relocações e outras ações ambientais	27.377,75
Estruturas e outras benfeitorias	14.285,23
Reservatório barragens e adutoras	65.863,30
Turbinas e geradores	20.835,02
Equipamento elétrico acessório	4.050,33
Diversos equipamentos da usina	2.052,86
Estradas de rodagem, de ferro e pontes	0
Custo direto	134.464,49
Custos indiretos	26.140,00
Custo total sem juros	160.604,39
Juros durante a construção	27.142,14
Custo total	187.746,53

Figura 1 – Projeto de implantação do Aproveitamento Hidrelétrico Corumbá III.

Fonte: Estudos de Impacto Ambiental – EIA de Corumbá III.

Estes custos referem-se à geração de energia elétrica com 115,0 MW de potência instalada para o Aproveitamento Hidrelétrico Corumbá III – AHE Corumbá III. Somando-se os valores da figura acima, com exceção do custo total obtemos o valor: R\$ 482.815,51 que multiplicados por 10^3 se torna: R\$ 482.815.510 ou aproximadamente 483 milhões de reais, ou ainda 273,5 milhões de dólares. Na próxima figura vemos um quadro resumo extraído do Estudo de Viabilidade de Corumbá III.

IDENTIFICAÇÃO DO APROVEITAMENTO			RESERVATÓRIO		CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS		
NOME DO APROVEITAMENTO	DISTÂNCIA DA FOZ (km)	ÁREA DE DRENAGEM (km ²)	VOLUME TOTAL (10 ⁶ m ³)	VOLUME ÚTIL (10 ⁶ m ³)	ENERGIA FIRME (MW Médios)	POTÊNCIA DE REFERÊNCIA (MW)	POTÊNCIA INSTALADA (MW)
Corumbá III	336,20	8.905,60	984,55	570,70	56,00	101,80	115,00
Corumbá IV	445,40	6.993,70	3679,8	783,71	66,1	120,20	127,00

Figura 2. Quadro-resumo das informações de Corumbá III.

Fonte: Aproveitamento Hidrelétrico de Corumbá III - Estudos de Viabilidade Relatório Final Vol 1.

Como se observa no quadro acima a energia firme é de 56 MW para Corumbá III.

Corumbá IV

De acordo com o CTE – Centro Tecnológico de Engenharia Ltda., que realizou o Aproveitamento Hidrelétrico Corumbá IV no Relatório de Estudos de

Impacto Ambiental – EIA temos a estrutura de custos apresentada na figura 3 a seguir:

(R\$$\times$10³)	
ITEM	CUSTO
Melo Ambiente	50.009,06
Obras Civis	92.130,75
Equipamentos Eletromecânicos	27.534,61
Outros Custos	1.725,00
Custo Direto Total	171.399,42
Custos Indiretos	35.479,68
Custo Total sem JDC	206.879,10
Juros Durante a Construção	39.307,03
Custo Total com JDC	246.186,12
Custo de O&M	1.461,79
Data de Referência (mês/ano)	Jul/99
Taxa de Câmbio (R\$/US\$)	1,7655
Custo Referência (R\$ / kw)	1.938,47
Custo Referência (US\$ / kw)	1.097,97

Figura 3 extraída do referente ao projeto de implantação do Aproveitamento Hidrelétrico Corumbá IV, situada no rio Corumbá, no Estado de Goiás.
Fonte: Estudos de Impacto Ambiental - EIA, Corumbá IV.

Somando-se os valores da Figura 3 acima, obtém-se: 870.650,77 multiplicando por 10³ teremos o custo de R\$ 870.650.770,00 ou aproximadamente 870 milhões de Reais, ou ainda aproximadamente 493 milhões de dólares. Novamente usando os valores da figura 2, desta vez para Corumbá IV temos que a energia firme é de 66.1 MW de uma potência instalada de 127.0 MW

Complexo do Rio Xingu (Belo Monte, Altamira, Pombal e São Felix)

De acordo com o Volume III da Revisão de Estudo de Inventário Hidrelétrico do Rio Xingu de 2005. É possível extrair a figura 4 a seguir que mostra os valores de potência e custo para o complexo de hidrelétricas no local. Depreende-se que foi previsto não apenas Belo Monte, mas um complexo de três hidrelétricas.

IDENTIFICAÇÃO DO APROVEITAMENTO		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS									
APROVEITAMENTO	ÁREA DE DRENAGEM (km ²)	RESERVATÓRIO					VAZÕES (m ³ /s)				
		NÍVEIS D'ÁGUA (m)			VOLUME NO MÁXIMO NORMAL (hm ³)	ÁREA NO MÁXIMO NORMAL (km ²)	QUEDA BRUTA (m)	MÉDIA DO PERÍODO CRÍTICO (MPC)	MÉDIA DE LONGO TERMO (MLT)	DE PROJETO DO DESVIO	DE PROJETO DO VERTEDEURO
NA MÁXIMO NORMAL	NA MÍNIMO NORMAL	NORMAL DE JUSANTE									
São Félix	208.719	210	210	185,3	16.265,7	1.338,20	24,7	3.484	3.613	20.927	33.756
Pombal	262.581	185	185	168,0	5.448,4	806,2	17	4.385	4.559	25.368	40.810
Altamira	447.916	120	120	97,4	9.561,4	860,1	22,6	7.474	7.772	39.651	63.390
Belo Monte	447.719	97	97	4,6	4.571,0	440	92,4	7.870	7.804	38.960	63.604

CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS		TURBINAS		CUSTOS		
ENERGIA FIRME (MW médios)	POTÊNCIA INSTALADA (MW)	NÚMERO	TIPO	Referência DEZ/2005 - US\$ 1,00 = R\$ 2,285		
				TOTAL (10 ³ US\$)	DE REFERÊNCIA (US\$/kW)	I.C.B. NA CONFIGURAÇÃO FINAL (US\$/MWh)
498,2	906	6	Kaplan	1.522.178	1.680	42,5
443,2	805	14	Bulbo	1.575.695	1.957	49,4
973,5	1848	12	Kaplan	2.478.183	1.341	35,5
4.796,0	11181	20 / 7	Francis/Bulbo	6.573.145	588	19,5

Figura 4 Quadro resumo extraído do Estudo de Inventário Hidrelétrico do Rio Xingu.

Fonte: Volume III da Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Xingu

Para facilitar a visualização os dados foram adaptados na figura a seguir:

IDENTIFICAÇÃO DO APROVEITAMENTO		C U S T O S		
		Referência DEZ/2005 - US\$ 1,00 = R\$ 2,285		
APROVEI-TAMENTO	ÁREA DE DRENAGEM (km ²)	TOTAL (10 ³ US\$)	DE REFERÊNCIA (US\$/kW)	I.C.B. NA CONFIGURAÇÃO FINAL (US\$/MWh)
São Félix	208.719	1.522.178	1.680	42,5
Pombal	262.681	1.575.695	1.957	49,4
Altamira	447.916	2.478.183	1.341	35,5
Belo Monte	447.719	6.573.145	588	19,5

Figura 5 Quadro resumo destacando os valores de custo do complexo de hidrelétricas do Rio Xingu.

Fonte: Volume III da Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Xingu

Assim, convém esclarecer que há diversos dados de Belo Monte dizendo que a obra custaria de 7 bilhões a 30 bilhões. Acredita-se que os dados que mencionam 7 bilhões se referem à quantia em dólares, sem usar a cotação do dólar presente no cabeçalho indicando que 1 dólar equivale a 2,285 Reais.

Também da figura 4 é possível observar a Potência instalada e a energia firme.

Como se observa, aplicando a cotação fornecida de US\$ 1,00 para R\$ 2,285 o valor de Belo Monte fica em torno de 15 bilhões de reais e a soma de todo o complexo no rio Xingu é de cerca de R\$ 27,5 bilhões.

Itaipu

De acordo com as informações obtidas no portal www.itaipu.gov.br; foi obtida a figura 6:

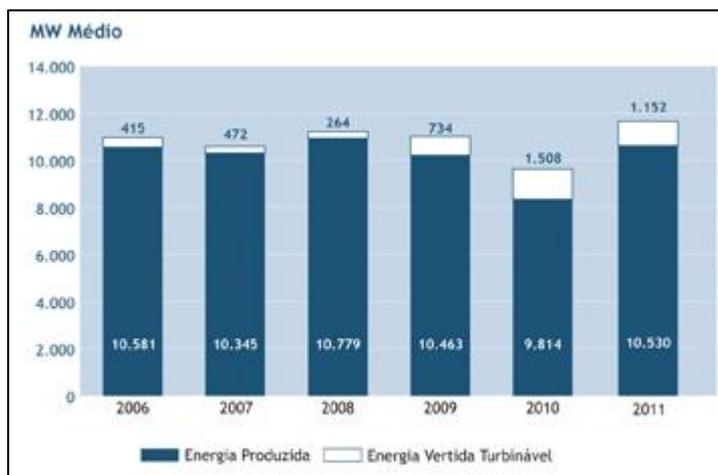


Figura 6 – energia efetivamente produzida de Itaipu.
Fonte: Itaipu (2012)

Com base nela e calculando a média da energia produzida é possível ter um valor aproximado da energia firme, de 10.419 MW.

Também de acordo com o portal o valor de itaipu é de aproximadamente US\$ 1.000 por quilowatts instalados, ou 14 bilhões de dólares. O preço atualizado com juros e a inflação em dólar do período chega a US\$ 27 bilhões. Entretanto para este trabalho será adotado o valor de 14 bilhões de dólares, tendo em vista que os demais valores encontrados de outras hidrelétricas não parecem levar em consideração os juros e inflações e adotam o usado na época da instalação e não os dias atuais.

Assim, com os valores informados, foi montada a tabela a seguir:

Tabela 2 – valores obtidos no portal: www.itaipu.gov.br

USINA	Potência Instalada em MW	Energia firme em MW	Custo de instalação
Itaipu	14.000	10.419	US\$ 14.000.000.000

Fonte: www.itaipu.gov.br

É importante ressaltar que desde o ano de 1973, época da construção de Itaipu, até 2012, houve várias mudanças de moedas no Brasil, por este motivo torna-se difícil o estabelecimento do valor da obra em reais. Até mesmo sítios como o do Banco Central, trazem a cotação para o Real, somente a partir do ano de 1994, não informando como realizar as transformações das demais moedas tais como: de Cruzeiro, para Cruzado, para Cruzados Novos, novamente para Cruzeiros, para Cruzeiros Reais e enfim para Real.

Três gargantas – China

De acordo com o projeto de Três Gargantas - Three Gorges Project – realizado pelo, CHINESE NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS, (2011) a represa construída no rio Yangtze River possuía três funções principais: produção de hidreletricidade, controle de fluxo de enchentes, e transporte fluvial. A capacidade instalada da usina é de 18.200 MW com energia firme de 4.990 MW, e taxa de 95% de funcionamento contínuo. O custo estimado é de 90.9 Bilhões de Remimbis (RMB ou CNY), que é a moeda chinesa citada no projeto. O valor refere-se ao fim de maio de 1993.

Não foi possível converter a moeda para dólar usando o sítio do Banco Central, pois, não havia a opção de converter a moeda Chinesa. Mas usando o sítio: www.rateq.com, foi possível realizar a conversão da moeda para Dólares com a cotação para o dia de 25/05/2012. Pelo sítio o valor trazido foi de US\$ 14.372.223.188,45 ou aproximadamente 14,4 bilhões de dólares. Infelizmente não

foi possível realizar a cotação para o ano de 1993, por isso vamos adotar este valor encontrado na cotação atual para estabelecer o preço de construção da Hidrelétrica.

Segundo Emma (REUTERS, 2009), O Governo chinês gastou cerca de 37.23 bilhões de dólares com a represa de três gargantas e o custo tende a aumentar. Nesse valor estão contados também as indenizações de 1,3 milhões de pessoas desalojadas, devido ao alagamento das áreas do reservatório. Vilas foram inundadas e houve perda de material arqueológico nas margens do rio.

Assim, considerando o valor de construção como 14,4 Bilhões, já foi gasto 22,83 Bilhões com indenizações e tentativas de redução do impacto ambiental. Este valor mais que dobra o custo de construção, tornando a manutenção do empreendimento alta. Entretanto, por ter aumentado o comércio local, tanto com turistas, quanto com transporte de mercadorias por meio dos navios que podem navegar graças ao alagamento é possível que o saldo final seja positivo economicamente, mesmo que não seja tão vantajoso quanto o esperado.

Hoover Dam – Estados Unidos

Esta hidrelétrica foi construída na época da grande depressão econômica americana. De acordo com o U.S. Department of the Interior (2004). Inicialmente a barragem se chamava Hoover Dam, mas seu nome foi mudado para Boulder Dam (1933 a 1947), depois voltou a se chamar Hoover Dam. Quando terminada, foi considerada a maior hidrelétrica do mundo e foi usada como símbolo de que uma nação, mesmo passando por uma crise, pode se superar. Foi construída

basicamente para quatro propósitos: 1- controle de enchentes, 2- conservação de água, 3- suprimento doméstico de água e 4- produção de energia.

Seu custo foi de US\$ 48.890.995,00 emprestados pelo Governo, mais US\$ 5.000.000,00 em dinheiro. Ao todo a conta dá cerca de 54 milhões de dólares. Participaram da construção seis grandes companhias. E sua capacidade instalada é de 2.080 MW.



*Figura 7 – curso do rio antes e depois da construção da barragem.
Fonte: www.usbr.gov.*

Comparando seu custo com as hidrelétricas acima observa-se que foi muito inferior, isso graças a geografia do local que apresentava naturalmente dois paredões rochosos bem sólidos. Como se vê nas fotos acima, o lago criado pela represa não apresenta muita extensão, e por estar próximo a paredões rochosos não há muito assoreamento. Mesmo assim ainda ocorreram impactos ambientais ao longo de sua construção, porém os benefícios trazidos pela criação do lago são maiores que os prejuízos causados. Graças a água captada neste reservatório foi possível desenvolver a região do Black Colorado, onde se localiza o rio colorado no estado do Arizona.

Já o portal da empresa What It Cost LLC (Calore, 2012), afirma: “*The total cost to build the Hoover Dam is around \$50 million in 1931 dollars and \$690 million in 2008 dollars.*”

Traduzindo: “O custo total para construir a barragem Hoover gira em torno de 50 milhões de dólares no ano de 1931, e 690 milhões em 2008”. Deste dado verifica-se a importância de tentar manter a conversão de moedas de acordo com a época, pois a variação pode ser muito grande.

3.2 Usinas Solares

Pelo fato do Brasil possuir apenas uma usina de energia solar de potencial bastante inferior ao das hidrelétricas se faz necessário a busca de dados em usinas solares de outros países que adotam este tipo de produção energética. Assim, será realizada a transformação de valores a fim de que sejam padronizados adotando-se o dólar, como moeda padrão e o Megawatt como unidade de medida de energia. A transformação dos valores será feita por meio do Sítio do Banco Central do Brasil, e nos casos onde não for possível a conversão será colocado um asterisco para sinalizar a não transformação.

De acordo com o Sítio “Sustentabilidade Allianz”, que faz parte da empresa seguradora Allianz, as 10 maiores usinas solares da atualidade são:

Tabela 3 - 10 maiores usinas solares de acordo com a Allianz

USINA - País	Potência Instalada em MW
SEGS - Solar Energy Generating Systems - Estados Unidos	354
Martin Next Generation Solar Energy - Estados Unidos	75
Nevada Solar One - Estados Unidos	64
Olmedilla - Espanha	60
Parque Solar Strasskirchen - Alemanha	54
Parque Fotovoltaico de Lieberose - Alemanha	53
Andasol - Espanha	50
Alvarado I - Espanha	50
parque fotovoltaico Puertollano - Espanha	48
Central Solar de Moura - Portugal	46

Fonte: www.sustentabilidadeallianz.com.br

Entretanto, ao se realizar uma pesquisa mais detalhada e mais pontual, são encontradas outras usinas solares em construção, ou construídas que poderiam estar no quadro acima.

Como exemplo, cito a Charanka Solar Park – na Índia, que está em instalação, mas já possui 214 MW operacionais. Por este motivo, as usinas acima não serão consideradas como as dez maiores usinas solares do mundo.

Provavelmente não houve uma atualização dos dados pelo responsável, que também não informou a última data. Assim, o estudo prosseguirá com dados encontrados no decorrer da pesquisa, buscando sempre a confiabilidade das próprias usinas ou dos Governos.

Vale ressaltar que estas e outras usinas solares apresentam diferentes tecnologias para a produção energética que serão mencionadas no decorrer deste capítulo.

First Solar

De acordo com o portal da Solar Server (2012) a A First Solar, usina solar em Chicago - nos Estados Unidos, que tem previsão de ficar pronta em 2013, e espera-se a geração de 230 MW, usa a tecnologia de células fotovoltaicas com a Série 3 de cádmio telúrio, que é uma tecnologia mais nova que as células fotovoltaicas do silício. O custo total do investimento será de 1,36 Bilhões de Dólares.

Solar Electric Generating Systems

De acordo com o sítio da empresa Next Era Energy - www.nexteraenergysources.com, esta usina solar opera por meio de espelhos

côncavos. Esta tecnologia é diferente da fotovoltaica, pois, ao invés de produzir energia diretamente por células fotovoltaicas, ela produz energia pela concentração de raios solares em um duto. Os raios do sol são coletados, por meio dos cerca de 900.000 espelhos côncavos, em um duto que possui óleo. Este duto passa pelos espelhos e torna o óleo superaquecido, que passa por reservatório de água que a aquece produzindo vapor e girando as turbinas para produzir energia. Em dias nublados, a usina utiliza um suprimento de gás natural para aquecer a água e assim manter estável a geração de energia.

O uso de espelhos côncavos ao invés de células fotovoltaicas (PV) ajuda a baratear a produção de energia solar, conforme se observa na figura 8.

Solar Electric Generating Systems



Figura 8 - espelhos côncavos e duto passando por eles.
Fonte: www.nexteraenergyresources.com

Esta usina está localizada na Califórnia – EUA, e o fato de estar em um deserto favorece a produção de energia por meio da concentração dos raios solares. Ela produz 354 MW de potência.

Não foi possível obter o valor de instalação perante a empresa.

Charanka Solar Park

De acordo com o portal Articlesbase (2012), a Índia está construindo um parque solar capaz de produzir 600 MW de potência. Preocupado com o aumento da emissão dos gases do efeito estufa o líder indiano Narendra Modi propôs a construção do projeto, que está sendo desenvolvido pela Kiran Energy Solar Power Private Limited & Adani Power Ltda. O investimento para a construção total do parque solar em Charanka será de US\$ 280 milhões no total, incluindo instalações, engenharia, operacionalização e manutenção.

Este parque sozinho, produzirá dois terços da produção de energia solar na Índia, que atualmente é de 900 MW. Este projeto deu uma liderança positiva ao estado tanto na economia, como na geração de energia. Narendra Modi também disse que graças aos esforços de construção deste parque solar o preço de produção da energia solar caiu. Ele acredita ainda que a tendência continuará a ser de queda.

Cabe destacar que a tecnologia usada nessa usina é de células fotovoltaicas, como observado na figura 9.



(Workers install solar panels...)

*Figura 9 - instalação de painéis fotovoltaicos na Índia.
Fonte: The Economic Times*

Solar One

De acordo com a empresa Acciona Solar Power (2007), a usina solar tem capacidade de produzir 64 MW de energia. Para tanto usa a tecnologia de concentração de raios solares (Concentrating Solar Power - CSP), que é a mesma tecnologia da Solar Electric Generating System - SEGS, consistindo em uso de espelhos côncavos que tem um tubo passando pelo ponto de foco aquecendo a água a cerca de 400°C. A usina conta ainda com o fornecimento de 2% de combustíveis fósseis para manter seu funcionamento à noite, ou em dias que não houver sol. Mas já estuda uma forma de armazenar excedente de energia solar em baterias para que seu consumo de combustíveis chegue a zero.

O valor de sua implantação foi de aproximadamente 266 milhões de dólares e a energia gerada custa de US\$ 0,15 a 0,17 centavos por quilowatt hora, esta informação está de acordo com o portal Basin and Range Watch (2009).

PS 10 – Planta Solar 10

Na Espanha foi construída a Usina Solar PS 10 – Planta Solar 10, seu plano inovador buscar produção de energia mesmo depois do sol se por. Funciona como uma grande garrafa térmica que armazena calor e produz energia durante o dia. E durante a noite usa o calor armazenado em uma torre com fluido de sal derretido, para continuar produzindo energia.

De acordo com o Relatório Final da empresa Solúcar (2006), a usina demorou 54 meses (4 anos e meio) para ser construída. Tendo terminada a sua primeira torre em 31/12/2005. A PS 10 produz inicialmente 10 MW de potência, com previsão de expansão para 300 MW em 2013, caso o projeto seja bem aceito pela comunidade. A Torre elevada funciona como uma Central Receptora de raios Solares – CRS, na mesma área, com a união de tecnologias fotovoltaicas e termoelétricas solares no mesmo ambiente. O Projeto está sendo executado por um consórcio de várias empresas apoiadas pelo Governo Espanhol, que subsidiou 1/7 dos custos. O valor total ficou em torno de 35 milhões de euros, o que equivale a 41.387.500,00 ou aproximadamente 41,4 milhões de dólares.

É importante ressaltar que este é um projeto pioneiro, e com a produção em larga escala seus custos tendem a baixar.

A conversão da dos valores citados foi realizada no portal do Banco Central do Brasil com a cotação realizada para a data final da obra, ou seja, 31/12/2005, que é a data final da construção fornecida pelo relatório.

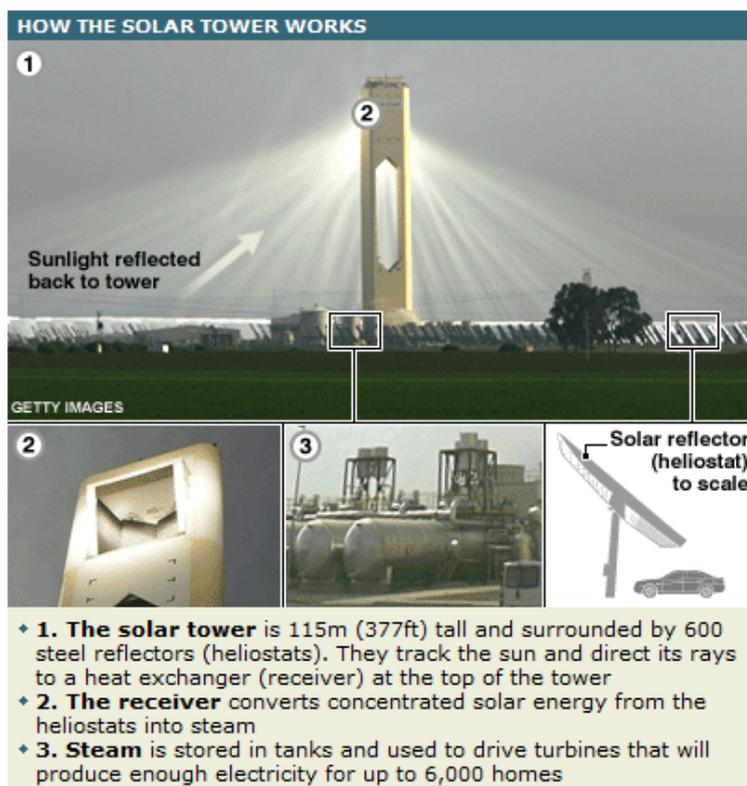


Figura 10 - torre de armazenamento de energia solar e detalhes das principais peças para este tipo de indústria.

Fonte: <http://news.bbc.co.uk>

Usina Solar Tauá - Brasil.

De acordo com a empresa MPX, do grupo EBX, - responsável pela a Usina Solar de Tauá no estado do Ceará - Brasil, a usina hoje produz apenas 1 MW de energia, mas em seu cronograma estão previstas duas fases de expansão a fim de alcançar a totalidade de 50 MW de energia solar produzidas no sertão nordestino.

Este 1 MW de potência, corresponde apenas a fase de instalação. E com ele é possível abastecer 1.500 casas. A área de ocupação é de 12 mil metros quadrados com 4.680 painéis fotovoltaicos. Para esta primeira etapa foram investidos R\$ 10 milhões pela MPX, mais R\$ 1,2 milhões pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento. Totalizando 11,2 Milhões de Reais para 1 MW.

Já a segunda etapa prevê a expansão de 1 para 5 MW, os quais já estão autorizados pela ANEEL e já possuem licenças ambientais.

A última etapa prevê a expansão para alcançar o total de 50 MW, que é o contido no projeto da usina.

Ainda de acordo com a MPX, para viabilizar os 50 MW será feita uma parceria com a empresa E.ON. Os 50 MW poderão ser aproveitados por 75.000 domicílios. Para viabilizar o restante do projeto serão desembolsados mais 170 milhões de Reais pelas duas empresas.

Considerando os valores da primeira etapa somados ao da terceira etapa totalizam-se 181,2 milhões de reais investidos.

Os custos da segunda etapa não foram divulgados, a notícia leva a crer que seria apenas uma etapa de ligação dos painéis à rede elétrica. Sendo assim os custos já abrangidos na primeira etapa, necessitando apenas das licenças ambientais do município.

Para transformação das moedas de Reais para Dólares, foi utilizado o câmbio do dia 10/11/2011, que é a data da informação publicada na sala da imprensa da MPX. Este câmbio, de acordo com o sítio do Banco Central é de 1 US\$

= 1,761 R\$ totalizando US\$ 115.091.463,41, aproximadamente 115,1 milhões de dólares para os 50 MW de energia da usina solar.

Produção de Painéis Solares pela China

É interessante notar que durante este trabalho, foi feita uma busca sobre alguma usina solar na China. Entretanto não foi encontrada nenhuma até o momento!

Mesmo assim a China é a maior produtora de painéis fotovoltaicos do mundo e a grande maioria é exportada para outros países. De acordo com Fator Ambiental (2011), a China produz cerca de 60% dos painéis fotovoltaicos do mundo. Seu investimento maciço nesta linha derrubou o custo dos painéis solares em 40%. Essa política agressiva de produção e exportação, fez com que três empresas americanas produtoras de painéis solares pedissem concordata. Isso também se deve à crise mundial atual. As três empresas (Evergreen Solar, SpectraWatt e a Solyndra) não suportaram a pressão e não conseguiram competir, por isso pediram concordata. Ruim para produtores, melhor para consumidores que tendem a ver queda nos preços, esta seria uma boa hora para o Brasil passar a investir em energia solar, já que vários mercados estão em busca de novos parceiros. Já Ruther, professor da Universidade Federal de Santa Catarina e entrevistado pelo Fator Ambiental (2011), afirmou: “Ao mesmo tempo, no Brasil, o custo da energia convencional continua em tendência de alta e já se vislumbra a viabilidade econômica da geração fotovoltaica em diversas regiões do país”. Talvez essa seja a

hora de passar a investir neste tipo de tecnologia e incluir a energia solar na matriz energética brasileira.

É bom destacar a China já colocou em construção o projeto Solar Valley. Que custará cerca de 740 milhões de dólares. O objetivo é fazer com que a China possua o maior parque solar do mundo e faça com que pelo menos 15% de sua matriz energética seja de fontes renováveis até 2020. Lara Nunes (2010).



*Figura 11 - projeto Solar Valley em construção na China.
Fonte: www.portaldoarquiteto.com*

Neste projeto todo o parque deverá usar energias sustentáveis com foco na energia solar.

4. ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO

Para análise dos dados apresentados ao longo deste trabalho, serão compilados em uma tabela que facilite a visualização, sendo descritos nela o nome da usina, o país onde se encontra, o tipo de energia que produz e sua potência instalada. De acordo com a metodologia estabelecida, a parte de coleta de dados tratou-se de pesquisa quantitativa. Já deste ponto em diante, trata-se da pesquisa qualitativa, onde os dados serão compilados e comparados entre si. Cabe ressaltar que a energia firme, apresentada para as hidrelétricas é a energia segura, constante, que ela produz, não condizendo – na maioria das vezes – com a energia instalada, que seria sua capacidade máxima. Quanto às usinas solares, é importante dizer que também há variações de produtividade de acordo com as condições climáticas. Assim em um dia nublado ou chuvoso, ou ainda com neve a produtividade de energia tende a variar muito. Infelizmente estes dados não estão facilmente disponíveis ou não são bem informados. Assim, a comparação será feita pela potência máxima instalada entre as diversas usinas apresentadas. Pensa-se que assim se torna mais justa e poupa-se tempo com explicações de ordem técnica que fariam a produtividade de energia cair. Feitas estas considerações, vamos à tabela 4:

Tabela 4 - comparação entre Usinas Hidrelétricas e Solares:

	USINA – País - Tecnologia	Potência Instalada em MW	Energia firme em MW	Custo instalação em US\$	US\$/MW
Hidrelétricas	Três Gargantas – China – queda d'água	18.000	4.990,00	14.400.000.000,00	800.000,00
	Itaipu - Brasil queda d'água	14.000	10.419,00	14.000.000.000,00	1.000.000,00
	Belo Monte - Brasil queda d'água	11.181	4.796,00	6.573.145.000,00	587.885,25
	Hoover Dam - EUA queda d'água	2.080	-	53.890.995,00	25.909,13
	Altamira - Brasil queda d'água	1.848	973,50	2.478.183.000,00	1.341.008,12
	São Felix - Brasil queda d'água	906	498,20	1.522.178.000,00	1.680.108,17
	Pombal - Brasil queda d'água	805	443,20	689.582.056,89	856.623,67
	Corumbá IV - Brasil queda d'água	127	66,10	493.146.853,58	3.883.046,09
	Corumbá III - Brasil queda d'água	115	56,00	273.472.393,09	2.378.020,81
Solares	Charanka – Índia – PV*	600	-	280.000.000,00	466.666,67
	Solar Electric Generating Systems – EUA – CRS**	354	-*	Não informado*	* -
	First Solar – EUA – PV*	230	-	1.360.000.000,00	5.913.043,48
	Solar One – EUA – CRS**	64	-	266.000.000,00	4.156.250,00
	PS 10 – Espanha – CRS** + AC***	10	-	41.387.500,00	4.138.750,00
	Usina Solar Tauá – Brasil PV*	1	-	6.360.022,71	6.360.022,71
	Usina Solar Tauá - Brasil (expansão) – PV*	50	-	115.091.463,41	2.301.829,27

Fonte: Dados da pesquisa deste autor

* PV – Fotovoltaica. ** CRS – Concentração de Raios Solares. *** Armazenamento de Calor

Como se pode observar da tabela 4 anterior, a produção de energia por meio das hidrelétricas é muito superior à produzida pelas usinas solares. A Soma da potência das 5 usinas solares encontradas - que estão entre as maiores do mundo – e tem a capacidade de 1.258 MW de potência, representa apenas 7% da potência total instalada da maior hidrelétrica do mundo - três gargantas. E a proporção cai para 3% caso sejam usadas as cinco primeiras usinas hidrelétricas da tabela com as cinco usinas solares encontradas.

Em relação aos valores da última coluna que traz a quantia de dólares por megawatt (US\$/MW) é possível perceber que, considerando apenas o preço da instalação, o valor das hidrelétricas é mais competitivo em relação ao das Usinas Solares.

Este custo maior da produção energética solar se deve ao fato da tecnologia para células fotovoltaicas ser mais recente que a usada em hidrelétricas, a qual encontra-se maturada e estabilizada. Basicamente o conceito é o mesmo: represa-se um rio e com a queda d'água é feito o girar das turbinas. Quanto maior a queda, maior o potencial elétrico produzido. As turbinas variam entre Pelton, Bulbo e Francis. Já as placas fotovoltaicas como conhecemos hoje possuem variações desde as tradicionais de Silício, passando pelos concentradores solares e chegando à fita de Fullereno, existindo ainda outras pesquisas referentes à produção pelo espectro solar. Mais adiante veremos as diferenças entre elas.

Entretanto ao se considerar a energia firme produzida, verifica-se que as hidrelétricas, especialmente Belo Monte e Três Gargantas apresentariam uma produtividade de MW inferior à metade da potência instalada. Este fato ocorre durante às épocas de estiagem, com a diminuição de chuvas. Neste período o valor dos dólares por Megawatts tende a subir consideravelmente tornando a produção mais cara.

Extraindo-se da Tabela 4 os valores da energia firme e recalculando o preço por Megawatt teríamos o resultado apresentado na tabela 5:

Tabela 5 - Dólares/Megawatts considerando a energia firme:

	USINA - País	Energia firme em MW	Custo instalação em US\$	US\$/MW energia firme
Hidrelétricas	Três Gargantas - China	4.990,00	14.400.000.000,00	2.885.771,54
	Itaipu - Brasil	10.419,00	14.000.000.000,00	1.343.699,01
	Belo Monte - Brasil	4.796,00	6.573.145.000,00	1.370.547,33
	Altamira - Brasil	973,50	2.478.183.000,00	2.545.642,53
	São Felix - Brasil	498,20	1.522.178.000,00	3.055.355,28
	Pombal - Brasil	443,20	689.582.056,89	1.555.916,19
	Corumbá IV - Brasil	66,10	493.146.853,58	7.460.618,06
	Corumbá III - Brasil	56,00	273.472.393,09	4.883.435,59

Fonte: dados da pesquisa deste autor.

Assim, observa-se que em determinadas épocas do ano (durante as secas) o custo de produção de energia torna-se equivalente ao de produção de energia solar.

Esses dados nos mostram que para alta produção de energia (maior que 1.000 MW), as hidrelétricas continuam sendo mais viáveis, devido a sua capacidade geradora. Mas poderiam ser complementadas por placas solares otimizando a produção energética durante a época da seca. Assim as duas energias podem tornar-se complementares. Ao passo que durante a época das chuvas a produção das hidrelétricas é maior, e a fotovoltaica menor – devido à presença de nuvens - durante a estiagem a energia fotovoltaica seria maior e a hidrelétrica menor – devido à redução do nível dos reservatórios. Assim uma complementaria a produção da outra.

O alto consumo de energia é necessário principalmente nas indústrias e metalúrgicas, além das áreas de extração de minério.

Entretanto, para o abastecimento das cidades, e condomínios residenciais é necessário uma quantidade bem menor de energia.

E como foi observado na Tabela 4 há um ganho de escala na produção de energia. A usina solar de Tauá no Brasil, teve o custo por megawatt, reduzido de cerca de US\$ 6,4 milhões por MW, na sua instalação e produção de 1 MW para US\$ 2,3 milhões por MW na produção dos 50 MW previstos. É importante frisar que esta usina solar tem como foco o atendimento da maior parcela de unidades consumidoras no Brasil, que é a área residencial.

Novamente, de acordo com o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2003) cerca de 85% das unidades consumidoras de energia elétrica brasileiras são residenciais. Isso nos leva a conclusão que é possível estimular a geração

de energia solar, com fins de atendimento do maior nicho consumidor de energia elétrica do país.

O Atlas traz também que em 2007, países como Alemanha, Estados Unidos e Japão eram os principais produtores de energia solar no mundo. Seus Governos buscam estimular a diversificação das fontes energéticas. Também menciona que os Governos de Israel e Espanha exigem um nível mínimo de produção de energia solar tanto para aquecimento de água, como para geração de eletricidade em novas construções como prédios residenciais, hotéis e hospitais.

No Brasil ainda não existe este fomento ao uso de energia solar. Para atendimento das áreas residenciais e urbanas, que demandam uma potência menor de energia que as áreas industriais, são construídas as Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs.

A ANEEL define PCHs como:

São consideradas Pequenas Centrais Hidrelétricas, ou PCH, os empreendimentos hidrelétricos com potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área total de reservatório igual ou inferior a 3,0 km². A área do reservatório é delimitada pela cota d'água associada à vazão de cheia com tempo de recorrência de 100 anos. (ANEEL, 2003).

Sabe-se que 30.000 kW equivalem a 30 MW, Assim as usinas solares podem substituir, complementar ou reduzir a necessidade de construção de novas PCHs, sendo uma forma alternativa para o atendimento de centros urbanos e rurais. Neste caso a energia elétrica solar poderia receber

incentivos do Governo Brasileiro para competir em termos de igualdade com a energia hidrelétrica, tendo ainda o benefício da minimização de impactos ambientais na sua produção e a redução do valor no caso de não necessitar linhas de transmissão.

De acordo com o BIG – Banco de Informação de Geração (2012), no Brasil, existem cerca de 430 PCHs, que totalizam cerca de 4.107 MW; e apenas 8 usinas fotovoltaicas com potência de 5,5 MW. Conforme se observa na figura 12 abaixo:

Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	384	230.240	228.549	0,19
EOL	76	1.639.338	1.543.042	1,30
PCH	430	4.106.731	4.007.075	3,39
UFV	8	5.494	1.494	0
UHE	185	81.970.291	78.676.984	66,53
UTE	1.555	33.043.268	31.801.933	26,89
UTN	2	1.990.000	2.007.000	1,70
Total	2.640	122.985.362	118.266.077	100

Os valores de porcentagem são referentes a Potência Fiscalizada. A Potência Outorgada é igual a considerada no Ato de Outorga. A Potência Fiscalizada é igual a considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora.

Empreendimentos em Construção			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	1	848	0
EOL	56	1.443.090	5,33
PCH	53	591.177	2,18
UHE	11	18.252.400	67,40
UTE	43	5.444.419	20,10
UTN	1	1.350.000	4,98
Total	165	27.081.934	100

Legenda	
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CGU	Central Geradora Undi-Elétrica
EOL	Central Geradora Eolielétrica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
SOL	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UFV	Usina Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia
UTE	Usina Termelétrica de Energia
UTN	Usina Termonuclear

Figura 12 - valores por grupos de hidrelétricas no Brasil.
Fonte: BIG – Banco de Informações de Geração - ANEEL.

Caso as próprias cidades adotassem a produção de energia fotovoltaica, com instalação nas paredes e nos tetos de casas e edifícios seria possível reduzir muito a necessidade das linhas de transmissão, bem como a instalação de novas PCHs.

De acordo com o Atlas de energia elétrica da ANEEL (2008) 3ª Edição, o Brasil apresenta grande área de radiação solar, sendo a região nordestina comparável às melhores regiões do mundo, incluindo o deserto de Mojave na Califórnia (EUA) como se observa na figura 13 abaixo:

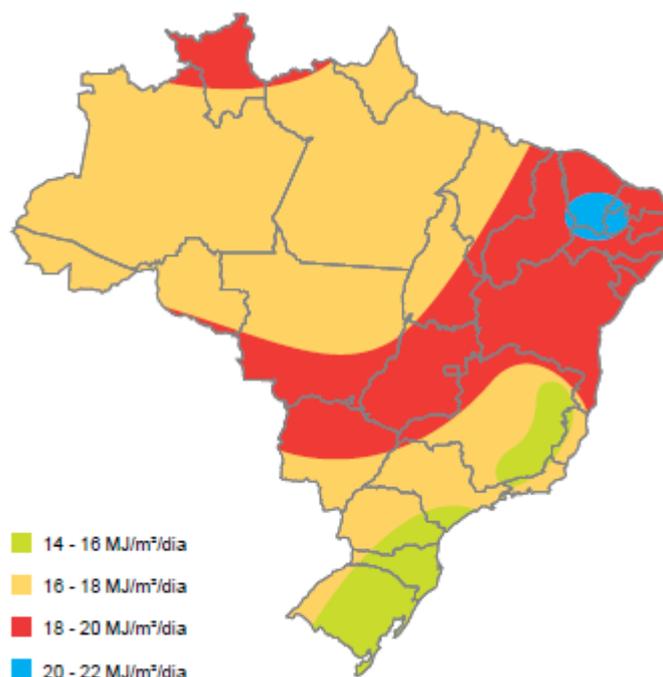


Figura 13 - variação de radiação solar no Brasil.
Fonte: Atlas de Energia Elétrica (2008).

O atlas da ANEEL (2008) ressalta ainda que apesar deste potencial, e de haver projetos de aquecimento de água nas residências, ou estudos isolados, como projetos de atendimento à comunidades localizadas à

grandes distâncias, a energia solar sequer é citada na relação de fontes que integram o Balanço Energético Nacional.

É interessante notar que, de acordo com a figura 12 o Brasil já possui 2 usinas termonucleares, capazes de produzir 1.990 MW, e já há a previsão de uma terceira. Ao passo que o imenso potencial solar, mostrado na figura 13, presente no Brasil - o qual não oferece os sérios riscos de uma usina nuclear - é negligenciado até o momento.

Assim, percebe-se que o Brasil necessita despertar e diversificar a matriz energética, passando a investir nesta fonte de energética também. Considerando a possibilidade de uso de telhados e paredes de edifícios, especialmente de centros urbanos e áreas residências seria possível a complementação energética, sem a necessidade de ampliação de linhas de transmissão já que a energia solar é produzida no local. Some-se a isso a redução de tarifas energéticas no caso de instalação de inversores - dispositivos que possibilitam a venda da energia produzida e não consumida à rede elétrica. Caso isto venha a se tornar realidade, será possível a integração na rede já existente dessa energia extra sem a necessidade de instalação de uma PCH e com impactos ambientais muito menores, sem afetar comunidades ribeirinhas ou mesmo a fauna e flora das margens do corpo hídrico a ser represado. Dessa forma poderia ser alavancado o programa luz para todos do Governo Federal, passando a atender comunidades distantes dos centros urbanos e não integradas às linhas de transmissão com impacto mínimo no

meio ambiente, dispensando-se inclusive as linhas de transmissão e barateando os custos.

Dessa forma, para o melhor aproveitamento da energia fotovoltaica, o ideal seria combiná-la, usando-a como complemento para a rede elétrica existente hoje nos lares brasileiros. Ora sua produção atenderia a demanda da unidade geradora, e ora seria possível a venda do excedente para a companhia de distribuição de energia complementando a produção energética local.

De acordo com o portal Grenstyle (2011), na Alemanha, em Freiburg, isso já ocorre. O condomínio lucra com a energia fotovoltaica vendida para a rede de distribuição. Pelo padrão de construção das casas é possível o ganho de quatro vezes o total de energia consumida. É importante frisar que em países europeus há a incidência de intempéries climáticas, como chuvas e neve, mesmo assim o uso da energia solar é viável. O investimento deste tipo de energia no Brasil provavelmente traria retorno financeiro ao condomínio que aderisse a ideia. Pode-se observar este condomínio na figura 14 a seguir.



Figura 14 – condomínio solar de Freiburg na Alemanha.
Fonte: portal Greenstyle – (2011).

Além disso, a energia fotovoltaica passa por estudos para aperfeiçoamento e barateamento de sua produção. No documentário do Discovery; Eco-Tech: energia renovável (2011a); foi relatado que nos Estados Unidos o Doutor Alan J. Heeger tem o projeto de disponibilizar a energia solar para todos. De acordo com ele, hoje se leva de oito a dez anos para recuperar os investimentos em painéis fotovoltaicos. Assim, em suas pesquisas busca trazer uma nova tecnologia solar de baixo custo que disponibilize a energia solar para todos. Sua grande descoberta foi a junção de um material mais barato – o plástico – com o fulereno (C_{60}) uma molécula de carbono semelhante a uma bola de futebol. Em sua pesquisa e testes com o fulereno ele descobriu que o mesmo pode ser impresso como tinta, cada tinta absorve um comprimento de onda diferente vindo da luz solar, isso torna mais eficiente a produção de energia que as células solares tradicionais. A energia fotovoltaica é produzida por meio de um composto plástico que pode ser produzido em grande escala e que pode se moldar a praticamente qualquer

ambiente, integrando-o. Este composto é semelhante a uma fita e pode contornar cantos arredondados. Sua teoria já está sendo posta em prática pela companhia Konarka em Massachussets. Seus criadores acreditam que este será o novo padrão para produção de células fotovoltaicas, podemos observar isso na figura 15 abaixo.



Figura 15 – nova tecnologia solar em forma de fita,
Fonte: Documentário Discovery Channel (2011).

Como visto até agora, a energia solar fotovoltaica deve ser utilizada em paralelo com outra fonte de energia. Afinal de contas durante à noite, não haveria produção de energia, necessitando armazenar a energia produzida durante o dia para uso noturno.

Assim, propõe-se a junção das células fotovoltaicas para atender a demanda durante o dia; normalmente quando atividades humanas ocorrem; com outra fonte durante a noite.

Por fazer parte da proposta deste trabalho a substituição de PCHs por fontes solares, propõe-se o uso conjugado com o de células de hidrogênio, que podem funcionar com o armazenamento em tanques funcionando como

grandes baterias de água. Durante o dia, parte da energia solar seria utilizada para realizar a eletrólise, nestas baterias “recarregando-as” e durante à noite seria utilizada a energia armazenada nessas baterias. Assim seria possível a obtenção de energia limpa nas cidades tanto durante o dia quanto durante a noite. Sem poluição e sem desmatamento ou perda de solos cultiváveis das margens dos rios.

A Eletrólise consiste na separação das moléculas da água (H_2 e O_2) por meio da eletricidade. Essa eletricidade seria obtida pelas células fotovoltaicas, e o hidrogênio obtido, armazenado em tanques durante o dia. Durante a noite as células de hidrogênio poderiam ser utilizadas para novamente unir o hidrogênio ao oxigênio formando novamente a água e liberando energia. Esta seria novamente armazenada no tanque para durante o dia ser eletrolisada novamente tornando todo o processo um ciclo que pode ser repetido indefinidamente.

De acordo com o documentário “Arquitetura Verde”, do Discovery Channel (2011b), já existe uma casa nos Estados Unidos que funciona desta forma. O Custo total da construção do sistema foi de US\$ 500.000,00. Além da casa, o sistema permite abastecer também o carro utilizado pelo morador. Acredita-se que este custo possa cair em larga escala, pois este é o custo de uma única unidade construída. O idealizador deste sistema foi Mike Strizki, engenheiro em energia solar.

4.1 Outras alternativas para o uso da energia solar.

Barracas Solares

Começaremos com o uso de células fotovoltaicas em barracas de praia. Seriam instaladas placas fotovoltaicas no teto da barraca, assim seria possível que um turista pudesse recarregar seu celular, MP4 ou máquina fotográfica utilizando a energia vinda de uma barraca na praia. Por não precisar de fios, não haveria a quebra dos padrões urbanísticos já presentes nas praias brasileiras.

Cozimento de alimentos.

Também poderia ser usada a energia solar para cozimento de alimentos. Ao invés de extração de lenha ou uso de gás, poderiam ser adotados fogões solares. O princípio é o mesmo das usinas termo solares apresentadas. Funcionam como concentradores solares, estes fornos são capazes de cozinhar o alimento da mesma forma que os convencionais, mas sem o uso de gás ou lenha. Assim, poderia ser adotado em refeitórios ou restaurantes, ou até mesmo nas residências que possuem uma área bem ensolarada, um exemplo pode ser visto na figura 16 abaixo.

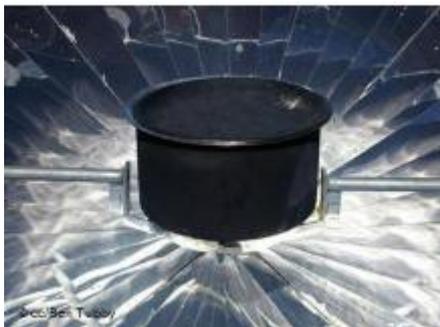


Figura 16 – um tipo de fogão solar usado para preparo de alimentos.
Fonte: Portal DW.

De acordo com o portal DW (2012) a Índia é o principal país a adotar este tipo de tecnologia e já possui mais de um milhão de fogões deste tipo em uso.

Uso em fornalhas para derreter metais.

Pode-se observar o vídeo do programa: “James May’s Big Ideas” (2008). Nele é possível ver o derretimento instantâneo de uma chapa de metal ao ser posta no foco de um grande conjunto de espelhos côncavos. A experiência consiste na concentração de raios solares em um ponto focal, o que resultou em 2.400 °C, que é temperatura suficiente para derreter metais.

Caso houvesse uma fornalha dessa no Brasil, seria possível utilizá-la para reciclagem de metais como: cobre, ferro, aço, alumínio e outros. Com isso seria economizada uma grande quantidade de carvão mineral, gás, ou petróleo, usado nas fornalhas atuais como combustível. Além desta economia haveria emissão zero de gases causadores do efeito estufa,

ajudando o Brasil a reduzir os níveis de emissão de carbono e gases do efeito estufa.

Também seria possível a reciclagem de sucatas de automóveis, eletrodomésticos e demais produtos que tenham metal em sua constituição.

Pelo mapa solar apresentado pela ANEEL (2003) e por ser um país tropical, provavelmente esta fornalha poderia ser construída em qualquer parte do território nacional, incluindo-se a região norte. Com isso, poderia ser reduzida a necessidade de energia em Belo Monte, que por tabela necessitaria de um nível menor em seus reservatórios impactando menos o meio ambiente e as comunidades ribeirinhas.

A França já vem utilizando a energia solar como fornalha. De acordo com o portal P-O Life Anglophone Direct, a primeira fornalha solar foi construída em Mont Louis em 1949, pelo professor Félix Trombe. Consistia de 1420 espelhos. Após mais de 50 anos e com a evolução dos espelhos foi comprada pela companhia Solar Furnace Development. (Four Solaire). Ainda está ativa e produz temperaturas acima de 2.000 °C possibilitando queima de madeira, derretimento de metais e cozimento de cerâmicas, esta fornalha pode ser observada na figura 17.



Figura 17 - primeira fornalha solar do mundo.
Fonte: Portal: www.anglophone-direct.com

Já a maior fornalha solar, localiza-se em Font-Romeu-Odeillo-Via. Foi construída em 1969, pelo mesmo professor Félix e possui cerca de 10.000 espelhos no terraço que apontam os raios solares para um enorme espelho côncavo de quase dois mil metros quadrados. É capaz de produzir mais de 3.200 °C e sua localização normalmente tem cerca de 300 dias de sol, o que aumenta sua utilização. Ela pode ser observada na figura 18.

Esta é uma interessante alternativa para países exportadores de minérios que precisam de calor para derrete-los e moldá-los em lingotes, entre eles o Brasil.



Figura 18 – maior fornalha do mundo
Fonte: www.anglophone-direct.com

Uso na construção civil.

Para fabricação de tijolos em uma olaria é necessário um forno para queimar os blocos de tijolo a fim de deixá-los mais resistentes. A temperatura do forno varia de 800 °C a cerca de 1.000 °C., de acordo com o documentário “O segredo das coisas” do Discovery Channel (2011c). Normalmente há um controle de chamas e uso de combustível para mantê-lo aceso durante um ou dois dias por bloco de tijolos. Assim é necessário bastante combustível. No caso da adoção da energia solar, como a fornalha vista acima, seria possível o alcance desta temperatura, ou até maiores, sem a necessidade de uso de combustíveis durante o dia, o que traria economia de combustível para o forno, e redução tanto de poluentes quanto de gases do efeito estufa.

Além disso, sabe-se que a arquitetura de hoje deve primar pela sustentabilidade e edificações sustentáveis buscam aproveitar melhor a luz solar, com janelas mais amplas e claraboias para iluminar os interiores das

construções durante o dia evitando o desperdício de energia com o acendimento de luzes.

Por fim, pode ser incorporado o chuveiro de água quente com aquecedor solar. Este tipo de equipamento vem ganhando difusão em território brasileiro, sendo uma das principais formas de aproveitamento desta fonte energética nos lares e edificações sustentáveis.

Uso em automóveis.

Outro uso em estudo nos Estados Unidos e Europa é o uso de células fotovoltaicas para aumentar a autonomia dos carros. Seriam instaladas placas solares que funcionariam para manter o movimento do carro ou para recarregar a bateria de carros elétricos, que seriam usadas durante a noite. Em alguns protótipos mantêm-se o uso de combustíveis fósseis e aplica-se complementarmente a energia solar.

Uso em outros meios de transporte.

Assim como os carros, poderia ser usada energia solar para movimentar ônibus, trens, metrô e até mesmo aviões. Isso reduziria a emissão de gases poluentes e tornaria o ambiente mais saudável, além de reduzir crises de asma e bronquite desencadeadas pela poluição nos centros urbanos.

Uso em brinquedos movidos a pilhas ou baterias.

Este uso a princípio não é levado em consideração ainda, mas suponha que alguns brinquedos à pilha possam ser movidos à células fotovoltaicas, do tipo fita com Fulereno, desenvolvido pelo Alan J. Heeger. Como exemplo, cita-se carrinhos de controle remoto, carrosséis, cachorros à pilha que andam e latem. Esta simples substituição – de baterias por células fotovoltaicas - traria três benefícios imediatos:

O primeiro seria a economia das famílias que não necessitariam de comprar pilhas para fazer funcionar os brinquedos de seus filhos. O segundo seria a redução de resíduos sólidos produzidos, considerando a diminuição das pilhas descartadas. Vale lembrar que as pilhas normalmente possuem materiais tóxicos, (Lítio, Mercúrio, Cádmió etc.) que podem contaminar o solo, a água e vazar dentro dos brinquedos. O terceiro benefício direto seria o estímulo às crianças a deixarem seus computadores, vídeo games e afins e brincarem no sol, produzindo a vitamina D que é necessária para o bom desenvolvimento dos indivíduos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que o Brasil tem grande potencial de aproveitamento solar, porém, ainda pouco explorado. A diversificação energética, com a inclusão da energia solar na matriz energética brasileira, pode reduzir o risco de apagões, como os ocorridos em 2001. Durante a estiagem o volume dos reservatórios foi reduzido devido à falta de chuvas para realizarem a recarga. Por não haver diversidade energética e dependência muito grande das águas ocorreram racionamentos e apagões por todo o país. Este problema poderia ter sido evitado caso fosse adotada a fonte solar como energia complementar, pois é justamente quando o período de seca se prolonga que o sol brilha mais, sem nuvens ou sombras. Daí a importância da diversificação da matriz energética brasileira que atualmente possui cerca de 70% de sua força dependente de hidrelétricas.

É possível a incorporação da energia solar, porém esta sozinha não será capaz de suprir as necessidades energéticas da nação. Em termos de uso doméstico e em centros urbanos é possível, por meio de células fotovoltaicas aumentar a produção energética, sem que seja preciso alagamentos ou novas áreas a serem desapropriadas.

A construção civil pode adotar a energia solar em pelo menos duas formas: a fotovoltaica e a luminosa. Prédios novos com iluminação e ventilação natural reduziriam muito a demanda por energia. E a projeção dos mesmos para instalação de placas fotovoltaicas em suas paredes que os

transformariam em pequenas usinas elétricas, sem a necessidade de linhas de transmissão do centro gerador para o local de consumo e dispensando a instalação de novas PCHs para suprimento energético de novos centros urbanos.

Por tudo o que foi visto ao longo deste trabalho é possível dizer que o Brasil precisa diversificar suas fontes energéticas, preferindo às renováveis, utilizando-se da complementação entre elas a fim de aumentar e otimizar a energia firme de suas usinas.

Também foi demonstrado que o aproveitamento da energia solar pode ser feito de diversas formas além da fotovoltaica. É possível o uso na extração e reciclagem de metais. A fundição por meio de uma fornalha solar poderia reduzir os custos energéticos e a necessidade de criação de grandes hidrelétricas que forneceriam energia para este fim.

Em termos de impactos ambientais na instalação, as hidrelétricas apresentam um elevado número desde a desapropriação de terras, escavação, transporte de toneladas de solo e materiais, alagamentos, entre outros; ao passo que a energia solar consiste basicamente em instalar placas solares, um conversor de CC (Corrente Contínua) para AC (Corrente Alternada) e pronto já está disponível. Sem necessidade de: alagamentos, ruídos, perda de solo cultivável e mesmo novas linhas de transmissão.

Recomenda-se que o Brasil reduza a pressão sobre a região norte do país com a construção de mais hidrelétricas e preserve a Amazônia, cuja biodiversidade pode gerar muito mais retorno econômico com novas

descobertas e curas de doenças, do que a sua redução e extinção de espécies ainda sequer catalogadas.

O Brasil pode aprender muito com o planejamento energético de outros países e investir cada vez mais em outras fontes renováveis; solar, eólica, marítima, biogás.

Além disso o Brasil poderia ser fabricante de células fotovoltaicas, como apontou o CGEE (2003) o Brasil possui cerca de 90% do silício mundial com potencial fotovoltaico, entretanto é a China quem detém o primeiro lugar na fabricação deste tipo de material, enquanto no Brasil sequer há uma fábrica para produção destas placas.

Outro ponto levantado neste estudo foi o valor da produção energética. Os custos para produção de energia por hidrelétricas normalmente é inferior ao custo de produção de células fotovoltaicas. Entretanto considerando a época das secas, estes custos se equivalem, conforme comparação entre a energia firme das hidrelétricas e a solar. É importante ressaltar que dificilmente uma hidrelétrica opera em sua capacidade máxima, daí a necessidade de se estabelecer a energia firme das hidrelétricas. Quanto às placas solares, é sabido que as mesmas também apresentam variações de produção de acordo com a nebulosidade, o que não foi abordado neste estudo, por não ser seu foco. Porém, em dias claros as placas solares produzem sua potência máxima. E se este tipo de energia é viável em países como Alemanha, Noruega e Japão, que possuem intempéries climáticas muito mais marcantes, como presença de neve, granizo e chuvas temporais.

Provavelmente poderá ser melhor aproveitada em um país tropical como o Brasil, onde não há neve e o clima é predominantemente ensolarado.

Em relação ao uso da energia solar em outras formas, o capítulo 4 deste trabalho apontou alguns usos, desde cozimento de alimentos, passando pelas fornalhas, usos na construção civil, em meios de transporte e até mesmo em substituição à pilhas e baterias.

Esta monografia abordou a viabilidade de incorporação da energia solar na matriz energética brasileira, considerando ser não só possível, mas recomendável que o seja feito o quanto antes para não gerar gargalos no crescimento do país a médio prazo por crises energéticas ou apagões por causa da estiagem, tal como o que aconteceu em 2001. Para este país a energia solar possui amplo campo de expansão tanto para pesquisa e desenvolvimento, quanto para produção de células fotovoltaicas faltando apenas estímulos por parte do Governo e interesse das empresas.

REFERÊNCIAS

ACCIONA: *Nevada Solar One* vídeo 19/03/2008 Disponível em:
<<http://www.youtube.com/watch?v=3OLjooHY1VA>> acesso em: 30 jul. 2011.

ACCIONA NORTH AMÉRICA. *Nevada Solar One, Boulder City, Nevada* 12/2007. Disponível em:
<<http://www.lepten.ufsc.br/disciplinas/emc5489/textosolar3.pdf>>. Acesso em: 22 maio. 2012.

ACCIONA NORTH AMERICA. *Nevada Solar One Project overview*. Disponível em:
<<http://www.accionana.com/About-Us/Our-Projects/U-S-/Nevada-Solar-One>>. Acesso em: 22 maio. 2012.

ALCÂNTARA E. *A energia limpa dá lucro* - Revista VEJA, páginas amarelas, entrevista com Bill Clinton. p. 21 a 25. 22 de julho de 2011.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em:
<www.aneel.gov.br>. Acesso em 26 ago. 2011.

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica, *Atlas de Energia Elétrica do Brasil* 3ª Edição 2008, Brasília. Disponível em <www.aneel.gov.br>. Acesso em: 05 jul. 2012.

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. *BIG – Banco de Informações de Geração*. Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>> . Acesso em: 05 jun. 2012.

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. *Cadernos Temáticos ANEEL Energia assegurada*. Brasília. 04/2005. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/caderno3capa.pdf>> . Acesso em 17 abr. 2012.

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. *Guia do Empreendedor de Pequenas Centrais Hidrelétricas* - Brasília 2003. Disponível em <<http://www3.aneel.gov.br/empreendedor/empreendedor.htm>> . Acesso em: 03 maio 2012.

BASIN AND RANGE WATCH. Nevada Solar One – *Acciona Gets Federal Grant to Expand* 8/3/2009. Disponível em: <<http://www.basinandrangewatch.org/SolarOneNV.html>>. Acesso em 22 maio 2012.

BLACK R. *Fontes renováveis de energia podem suprir 80% da demanda mundial: Inovação Tecnológica* 10/05/2011 Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=fontes-renovaveis-energia-suprir-demanda-mundial&id=010175110510>> . Acesso em: 01 ago. 2011.

CALORE P. *What It Cost - What The Hoover Dam Cost To Build*. Disponível em: <<http://historical.whatitcosts.com/facts-hoover-dam-pg2.htm>> . Acesso em: 26 mai. 2012.

CENTRO DE GESTÃO DE ESTUDOS ENERGÉTICOS – CGEE: *Projeto Brasil 2003-2010 – trajetórias e Desafios*. Brasília: 2010, p 25 – 29. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/>> . Acessado em 17 fev. 2012.

CERQUEIRA, W.; FRANCISCO: *Fontes de Energia: Brasil Escola*. 2012. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/fontes-energia.htm>> . Acesso em: 03 jun. 2011.

CHINESE NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS. *Three Gorges Project*. 15/05/2011. Disponível em:
<<http://www.chincold.org.cn/dams/rootfiles/2010/07/20/1279253974143251-1279253974145520.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2012.

CNRS – INSIS. *Procedes, Materiaux et Energie Solaire UPR 8521*, 27/06/2012. Disponível em: <http://www.promes.cnrs.fr/index.php?page=history> . Acesso em: 12 maio 2012.

DIAMOND, J. *Armas Germes e Aço*: 13. ed. Rio de Janeiro: Record, 2011.

DISCOVERY CHANNEL , Eco-Tech: *Arquiteturas Verdes*, Documentário 2011b. Dublado por: Vox Mundi.

DISCOVERY CHANNEL, Eco-Tech: *Energia Renovável*, Documentário 2011a. Dublado por: Vox Mundi.

DISCOVERY CHANNEL. *O Segredo das coisas – Tijolo* 2011c. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=9QIMqFglCCs>>, Acesso em 23 jun. 2012.

ELETROBRAS, *Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Xingu - Volume III Anexos*. Disponível em:

<http://www.eletrabras.com/elb/main.asp?View={46763BB8-3B05-432F-A206-C8F93CC3BA90}>. Acesso em: 17 abr. 2012.

ELETRONORTE: *Consórcio Corumbá III. Aproveitamento Hidrelétrico de Corumbá III – Estudos de Viabilidade Relatório Final Vol 1*. Brasília Outubro de 2000.

FATSOMUS: *Melting Steel with solar power*: 2008. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=8tt7RG3UR4c>>. Acesso em: 30 jul. 2011.

GÜNTHER H. *Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa Esta É a Questão?* Universidade de Brasília. 2006. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/ptp/v22n2/a10v22n2.pdf>. Acesso em 10 ago. 2012.

IBAMA. *Estudo de Impacto Ambiental de Corumbá IV*: 21/08/1996. Brasília Disponível em:

<http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento_ambiental/UHE%20PCH/Corumb%C3%A1%20IV/EIA_RIMA/EIA/Volume%20I/Capitulo%20I-II.doc>. Acesso em 16 abr.2012.

ITAIPU, *A história da maior hidrelétrica do mundo*. Disponível em:
<<http://www.itaipu.gov.br>> . Acesso em 01 ago. 2012.

JÁ LUCREI. *Índice do Dólar*. Disponível em:
<http://www.jalucrei.com.br/indices/indice_dolar.htm> . Acesso em 01 mai.2012

JAMES MAY BIG IDEAS.– *Melting steel with Solar Power*, 13/10/2008, Disponível em < <http://www.youtube.com/watch?v=8tt7RG3UR4c> > acesso em: 13 ago. 2012.

KHUSHAAL. Charanka Solar Park- *A step to Clean Energy*. Articlesbase, free online Articles Directory 07/05/2012. Disponível em:

<<http://www.articlesbase.com/environment-articles/charanka-solar-park-a-step-to-clean-energy-success-5884976.html>> acesso em 22 mai. 2012.

LESTER R. B. *Eco-Economia: Construindo uma economia para a terra*: Salvador: UMA - Universidade Livre da Mata Atlântica, 2003.

MARIA N. et al. *MPX e GE firmam acordo para expandir geração solar no Brasil*: Revista Fator. 05/08/2011. Disponível em:
<http://www.revistafator.com.br/ver_noticia.php?not=167782>. Acesso em 06 ago. 08 2011.

MONTENEGRO M. *Condomínio Produz mais energia do que consome*: Portal Greenstyle 02/08/2011, disponível em:

<<http://style.greenvana.com/2011/cidade-solar-produz-mais-energia-do-que-consome/>>. Acesso em: 17 fev. 2012.

MPX GRUPO EBX. *MPX Vence Prêmio ECO com Energia Solar de Tauá*,

10/11/2011, Disponível em: <www.mpx.com.br/pt/sala-de-imprensa/noticias/Paginas/MPX-vence-Prêmio-Eco-com-Usina-Solar-de-Tauá.aspx>. Acesso em: 14 jun. 2012.

MPX Grupo EBX – *Usina Solar de Tauá realiza audiência Pública para expansão até 50 MW*, publicado em 13/06/2012, disponível em: <<http://www.mpx.com.br/pt/sala-de-imprensa/noticias/Paginas/Usina-Solar-Tau%C3%A1-realiza-audi%C3%Aancia-p%C3%BAblica-para-expans%C3%A3o-at%C3%A9-50-MW.aspx>>. Acesso em: 15 ago. 2012.

NEXT ERA. *ENERGY RESOURCES LLC*. 2012. Disponível em:

<<http://www.nexteraenergyresources.com/home/index.shtml>>. Acesso em 21 maio 2012.

NEXT ERA ENERGY RESOURCES LLC. 2012. - *Solar Electric Generating Systems*. Disponível em:

<http://www.nexteraenergyresources.com/pdf_redesign/segs.pdf> acesso em 20 mai. 2012.

NUNES, Lara. *China constrói maior produtora de energia solar do mundo*.

Portal do Arquiteto. 20/05/2010. Disponível em:

<<http://www.portaldoarquiteto.com/destaques/meio-ambiente/4305-china-avanca-na-industria-solar-com-projeto-ecologico>> . Acesso em 26 maio 2012.

ORDOÑEZ, R. *Energias Renováveis*, FATOR AMBIENTAL 21/11/2011.

Disponível em <<http://www.fatorambiental.com.br/portal/index.php/tag/energia-solar/>> . Acesso em: 26 maio 2012.

P-O LIFE ANGLOPHONE DIRECT. *The First Solar Furnace; and The Biggest Solar Furnace in The World*. Disponível em: <<http://www.anglophone-direct.com/Mont-Louis-Font-Romeu-Odeillo-Via>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

QUAGLIO S. et al. *Análise Energia: Anuário 2008*. p. 28; 29; 31; 37; 38 Ed. análise editorial, 2008.

REUTERS. *China says Three Gorges Dam cost \$ 37 billion*. 14/09/ 2009, Disponível em: <<http://www.reuters.com/article/2009/09/14/idUSPEK84588>>. Acesso em: 25 maio 2012.

ROUXEL, J. *Viagem à eletricidade – Eletricidade as fontes da Corrente*. 12/08/2012. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=1mMEAi6KGzE&feature=related>> . Acesso em 25 set. 2011.

SCHÄFER, T. *Índia é o país com o maior potencial para cozimento com energia solar*. Portal Deutsche Welle – DW; 2012. Disponível em: <<http://www.dw.de/dw/article/0,,6049754,00.html>> . Acesso em 07 jun. 2012.

SOLAR SERVER. *Exelon purchases 230 MW Antelope Valley Solar Ranch One from First Solar*. 19/12/2011. Disponível em: < www.solarserver.com/solar-magazine/solar-news/current/2011/kw40/exelon-purchases-230-mw-antelope-valley-solar-ranch-one-from-first-solar.html >. Acesso em 03 maio 2012.

SOLÚCAR. *Final Technical Progress Report - 10 MW Solar Thermal Power Plant for Southern Spain*, 11/2006. Disponível em: <http://ec.europa.eu/energy/res/sectors/doc/csp/ps10_final_report.pdf>. Acesso em: 29 maio 2012.

SHAYANI, R. 10ª Semana do Departamento de Engenharia Elétrica – *Energia Solar Fotovoltaica: Aspectos Sociais, Técnicos e Políticos*: Brasília - DF: Universidade de Brasília, 2011.

SHUKMAN, David. *Power station harnesses Sun's rays*. BBC NEWS

02/05/2007. Disponível em:

<<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/6616651.stm#top>>. Acesso em: 29 maio 2012.

TAXA DE CÂMBIO. Disponível em: <<http://pt.rateq.com/CNY>>. Acesso em 25 maio 2012.

TESSMER, H. *Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem*: Novo Hamburgo-RS. Liberato, 2009. Disponível em: <<http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0131010716090416.pdf>>. Acesso em 12 maio 2012.

TULLOCH, J. *As 10 maiores usinas solares*. Allianz Disponível em: <<http://sustentabilidade.allianz.com.br/energia/?754/As-10-maiores-usinas-solares>>. Acesso em 01 mai. 2012.

THE ECONOMIC TIMES. *600 MW solar power projects dedicated to nation*. 20/04/2012. Disponível em:

<articles.economictimes.indiatimes.com/2012-04-20/news/31373887_1_solar-park-solar-project-charanka>. Acesso em 25 maio 2012.

U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR. *Fortune Magazine* September 1933. 9/10/2004. Disponível em:

<<http://www.usbr.gov/lc/hooverdam/History/articles/fortune1933.html>>. Acesso em 26 maio de 2012.