

## ANALISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE NA REGIÃO NORTE DE MATO GROSSO

Douglas dos Anjos Rodrigues (\*), André do Amaral Penteadó Biscaro.

\* Universidade do estado de Mato Grosso – UNEMAT – Campus de Sinop, Graduando em Engenharia Elétrica; douglas\_anjos87@icloud.com

### RESUMO

No atual cenário de produção e consumo de energia elétrica é possível notar uma tendência de rápido aumento do consumo sem o mesmo investimento/crescimento da produção de energia, o que nos leva a crer em um novo cenário de racionamento, como os já vividos em anos anteriores. Para tanto, tem-se estudado e incentivado duas formas de sanar este problema eminente. Uma delas é o incentivo ao uso racional da energia, atrelado ao conceito de “eficiência energética”. A outra é a geração de energia de forma distribuída ou a cogeração. Estas últimas tiveram um grande avanço com a normativa da ANEEL N°482 de 17 de Abril de 2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e dá outras providências. Esta forma de gerar energia vem cada vez mais se expandindo, principalmente no que se refere a sistemas fotovoltaicos. Porém, um dos grandes empecilhos a esta tecnologia é o pouco conhecimento por parte da população em geral, além da ideia recorrente de ser um investimento de alto custo. No entanto, esta forma de geração de energia tem barateado de forma significativa nos últimos anos. Pouco tempo atrás parecia inviável colocar sistemas fotovoltaicos em operação, o que levou muitas pessoas a abandonarem o projeto de ter esta tecnologia em suas residências, mesmo antes de buscar o esclarecimento correto. Mostraremos aqui um pouco mais sobre a história desta tecnologia, seus princípios e qual a viabilidade econômica para a instalação destes sistemas na região norte de Mato Grosso, quanto tempo seria necessário para reaver o dinheiro investido e a economia no período de vida útil dos equipamentos utilizados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cogeração fotovoltaica, viabilidade econômica, eficiência energética, radiação solar, energia renovável.

### INTRODUÇÃO

A célula fotovoltaica moderna, que é considerada mais eficiente e fortemente difundida, veio a partir de 1953. O desenvolvimento desta forma de produção de energia já possui mais de 176 anos e teve seu maior avanço apenas em meados do século XX com os avanços realizados devido ao efeito fotoelétrico apresentado por Albert Einstein em 1905, o advento da mecânica quântica, a teoria de bandas e a física dos semicondutores, bem como as técnicas de purificação e dopagem associadas ao desenvolvimento do transistor de silício [1]. Para entendermos um pouco mais sobre o efeito fotovoltaico temos que entender um pouco da história e seus desenvolvedores, pois este fenômeno não é tão recente como se pode parecer. Vemos um pouco desta história e avanço no trecho:

A história da primeira célula solar começou em março de 1953 quando Calvin Fuller, um químico dos Bell Laboratories (Bell Labs), em Murray Hill, New Jersey, nos Estados Unidos da América, desenvolveu um processo de difusão para introduzir impurezas em cristais de silício, de modo a controlar as suas propriedades elétricas (um processo chamado “dopagem”). Fuller produziu uma barra de silício dopado com uma pequena concentração de gálio, que o torna condutor, sendo as cargas móveis positivas (e por isso é chamado silício do “tipo p”). Seguindo as instruções de Fuller, o físico Gerald Pearson, seu colega nos Bell Labs, mergulhou esta barra de silício dopado num banho quente de lítio, criando assim na superfície da barra uma zona com excesso de elétrons livres, portadores com carga negativa (e por isso chamado silício do “tipo n”). Na região onde o silício “tipo n” fica em contato com o silício “tipo p”, a “junção p-n”, surge um campo elétrico permanente [1].

A primeira célula solar foi formalmente apresentada na reunião anual da National Academy of Sciences, em Washington, e anunciada numa conferência de imprensa no dia 25 de Abril de 1954. No ano seguinte a célula de silício viu a sua primeira aplicação como fonte de alimentação de uma rede telefônica em Americus, na Geórgia, como se pode ver na Figura 1.



**Figura 1: Primeira utilização de placas fotovoltaicas aplicadas a uma rede telefônica. Fonte: [2]**

Como nesta época também estava em evidência a corrida espacial, 1957 a 1975, e por verem que na época os custos de produção de sistemas assim eram muito elevados, teve-se início a utilização de painéis fotovoltaicos para fins espaciais. Assim se verificou sua eficiência e sua vida útil, bem superior às baterias até então utilizadas para este fim. Foi a partir deste uso que se deram vários avanços nesta tecnologia, tanto na forma de construção como em sua eficiência. Outro grande salto no interesse desta forma de energia e que teve impacto em seu desenvolvimento foi o pânico criado pela crise petrolífera de 1973, que levou a vários investimentos e estudos para se reduzir o custo de produção de células solares. Como resultado se teve a utilização do silício multicristalino ou policristalino, muito mais barato para se produzir em comparação com o monocristalino até então utilizado. Já na década de noventa, com a constante preocupação ambiental e formas de se reduzir os impactos gerados por fontes poluentes, se deu o início de vários programas de incentivo a esta produção limpa, como os “telhados solares” na Alemanha (1990) e no Japão (1993). Ambos já superaram as metas iniciais e já se estabeleceram como formas viáveis, representando uma participação cada vez maior da matriz energética destes países, além de outros que vem sendo implementados através de políticas governamentais de incentivo à produção.

Alguns exemplos de sucesso podem ser vistos ao redor do mundo. A exemplo disto se pode citar um aeroporto indiano que supre toda sua demanda de energia através de placas solares, em um sistema que utiliza uma área ociosa no entorno do mesmo, com um investimento na casa dos 10 milhões de dólares. No entanto, a expectativa é que o valor investido seja pago com a economia gerada em aproximadamente 5 anos. Este sistema foi implementado pela alemã Bosh, ganhadora da licitação. São 48.154 painéis fotovoltaicos sobre uma superfície de 20 hectares de terras que não tinham nenhum uso e que, hoje, gera cerca de 12 megawatts diários de energia, mais do que suficiente para que o aeroporto do estado sulista de Kerala seja auto-suficiente em relação à energia elétrica [3].

No Brasil, o cenário para ampla utilização deste meio de produção de energia vem sendo trilhado aos poucos. Temos a inserção destes sistemas no programa luz para todos, em que o governo pretende atender uma parte da população através do acesso à eletricidade fotovoltaica. Alguns sistemas foram colocados em comunidades isoladas, pois eram mais fáceis de implantar do que estabelecer uma rede de transmissão para lugares isolados. Porém, estes sistemas utilizavam bancos de baterias que, por sua vida útil baixa em comparação às placas, tinham que ser trocados constantemente. Não se teve o uso massivo desta tecnologia devido ao alto custo dos componentes, uma vez que os equipamentos eram caros e, em sua totalidade, importados. No entanto, com o aumento da preocupação ambiental, elevação das tarifas de energia elétrica e recorrentes apagões, muitas vezes precisando o país importar energia de países vizinhos, em conjunto com o barateamento dos sistemas fotovoltaicos devido à abertura de várias empresas do ramo e a normativa da ANEEL que regulamenta a cogeração no país [4], cada vez mais os estados tem incentivado essa produção através de isenção de impostos. Como exemplo disto se tem São Paulo, que sai na frente no quesito estímulo fiscal às formas alternativas de energia através do Decreto nº 61.439/2015, que concede isenção de ICMS sobre a energia elétrica fornecida para microgeradores e minigeradores na quantidade correspondente à energia elétrica injetada na rede de distribuição [5]. Outros estados ainda fazem uma cobrança de ICMS, mesmo sobre a energia gerada, não levando em conta apenas o saldo energético de sistemas conectados à rede, o que tem levado muitos consumidores a entrarem na justiça frente a cobrança considerada por muitos como sendo abusiva.

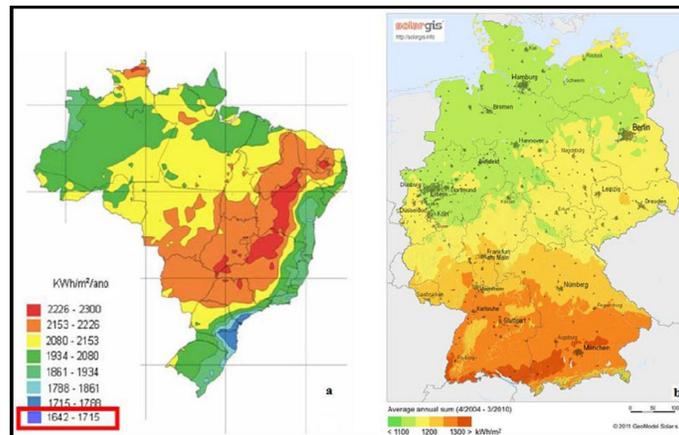


Figura 2: Irradiação solar (a) no Brasil e (b) na Alemanha. Fonte: [8].

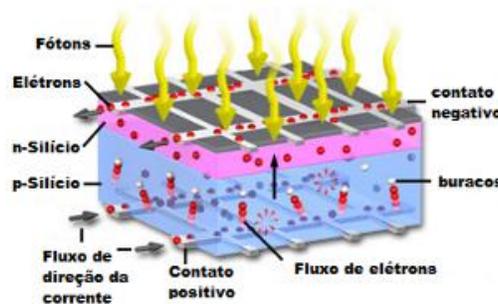


Figura 3: Esquema de funcionamento de uma célula fotovoltaica. Fonte: [9]

O funcionamento dos sistemas diretamente conectados à rede tem barateado o custo de instalação dos mesmos pois não se faz desnecessária a utilização de bancos baterias, o que gera uma boa economia já que estes, além de terem valores elevados, tem vida útil curta em relação aos painéis, tendo que ser substituídos constantemente, antes de ser necessário a troca dos painéis. O recente interesse de empresas em instalar fábricas de painéis no país, como vinculado na mídia recentemente, em que o grupo chinês BYD decidiu montar a primeira fábrica de painéis solares fotovoltaicos no Brasil tem contribuído para o barateamento desta tecnologia. O investimento previsto será R\$ 150 milhões e a unidade de produção será instalada em Campinas, no interior de São Paulo [6]. A implantação desta fábrica acarretará uma queda do valor dos equipamentos. As empresas estão apostando no alto potencial, frente a enorme quantidade de radiação solar que o Brasil possui em quase todas as suas regiões e períodos do ano. Na Figura 2 apresenta-se um comparativo entre Brasil e Alemanha. A região menos ensolarada do Brasil apresenta índices solares em torno de 1.642 kWh/m<sup>2</sup>, valores este bem acima dos valores apresentados na área de maior incidência solar da Alemanha, a qual recebe cerca de 1.300 kWh/m<sup>2</sup> [7].

O sistema ou kit para conexão à rede é composto de alguns equipamentos, sendo eles:

- Painéis fotovoltaicos:** são os equipamentos mais importantes do sistema, tendo seu funcionamento exemplificado na Figura 3. Sua principal função é a conversão da energia solar em energia elétrica, produzindo uma corrente contínua (CC).
- Inversor de frequência:** possibilita a conexão à rede. Tem como finalidade transformar a CC em corrente alternada (CA) de 60Hz para, então, lançar na rede. Seu número varia de acordo com a quantidade de painéis e potência instalados.
- Suportes, cabos e conectores:** utilizados para a fixação dos painéis em telhados ou outras regiões. São, em sua maioria, específicos para utilização em sistemas fotovoltaicos.
- Medidor de energia:** que passa a ter duplo sentido de medida, medindo tanto a energia que entra para residência, quando o sistema não está em funcionamento, quanto a energia gerada e lançada na rede de distribuição.

Na figura 4 apresenta-se o esquema simplificado de um sistema fotovoltaico conectado à rede.

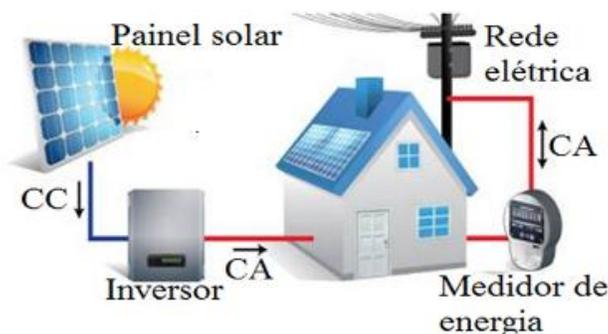


Figura 4: Esquema de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Fonte [10]

## METODOLOGIA

Para o cálculo de consumo levaremos em conta os dados de consumo médio residencial para o estado de Mato Grosso, obtidos através do Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2014 (ano base 2013) da Empresa de pesquisa energética (EPE) do Ministério de Minas e Energia (MME) [11], que traz para o estado de Mato Grosso cerca de 194,6 kWh/mês. Este valor será utilizado para dimensionar o sistema fotovoltaico e também o consumo médio em reais de uma casa com esta demanda. Conforme consultado, o valor atual da tarifa de energia elétrica da concessionária local é de R\$ 0,4652/kWh, gerando um custo na casa de R\$ 90,53 reais por mês, apenas com o consumo, sem contar impostos e tarifas. Como exemplo destas tarifas temos a contribuição de iluminação pública (CIP) que está atualmente na faixa de R\$ 5,62, além do “Programa de Integração Social” – PIS – e da “Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social” – COFINS, que são cobrados pela União e direcionados a programas sociais do Governo Federal. A alíquota média desses tributos varia de acordo com o volume de créditos apurados mensalmente pelas concessionárias. O PIS e o COFINS pagos sobre custos e despesas no mesmo período, tais como a energia adquirida para revenda ao consumidor, tiveram uma variação de junho de 2014 a janeiro de 2015, conforme mostrado na Tabela 1. Também temos o acréscimo do “Imposto sobre “operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre prestações de Serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação” – ICMS – que varia de acordo com a faixa de consumo em kWh, estando entre 0% e 27%. No caso em questão o consumo de 196,4 kWh/mês tem como alíquota 17%.

Tabela 1. Valores de PIS e COFINS cobrados no estado de Mato Grosso - Fonte: [12]

ANO	MÊS	ALÍQUOTA PIS	ALÍQUOTA COFINS
2014	JUNHO	0,98%	4,58%
2014	JULHO	1,06%	4,90%
2014	AGOSTO	0,85%	3,84%
2014	SETEMBRO	0,94%	4,31%
2014	OUTUBRO	0,98%	4,55%
2014	NOVEMBRO	0,97%	4,52%
2014	DEZEMBRO	0,79%	3,60%
2015	JANEIRO	0,21%	0,93%
<b>MÉDIA</b>		<b>0,8475%</b>	<b>3,90375%</b>

Se levarmos em conta o atual sistema de bandeiras para conta de energia, que leva em consideração o custo de produção da energia, para acréscimos na conta de acordo com a bandeira vigente no mês, conforme a Figura 5, levando-se em conta que de Abril a Setembro deste ano tem-se tido a bandeira vermelha, vamos considerar um acréscimo mensal de R\$ 0,055 por kWh consumido, gerando uma conta média no valor de R\$ 132,64.

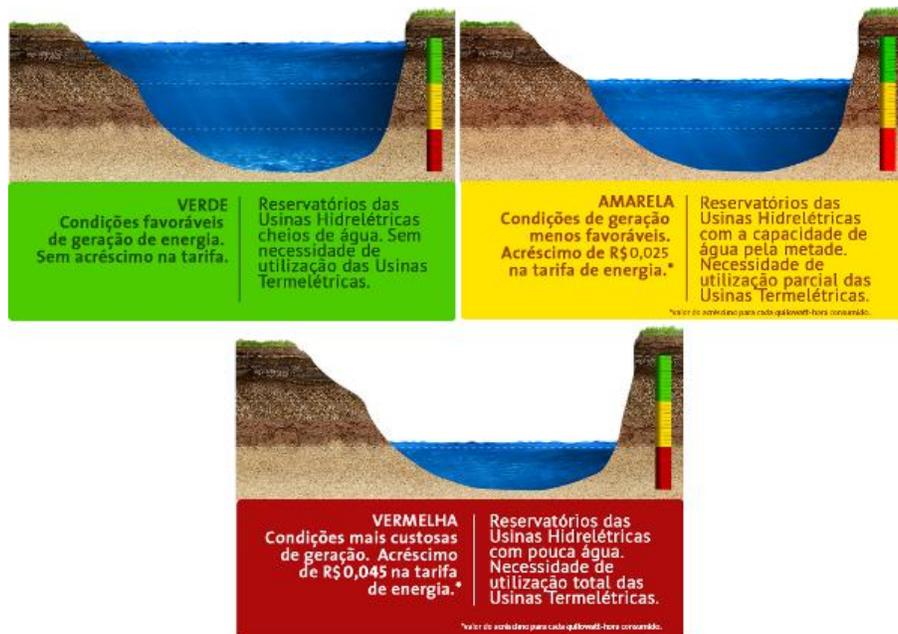


Figura 5: Sistema de bandeiras tarifárias de acréscimo no valor cobrado pelo kWh. Fonte: [13]

Se tomarmos como base a irradiação média para a cidade de Sinop, no estado de Mato Grosso, em comparação com os maiores índices para o país e que são encontrados na região nordeste, conforme a Figura 6, verificamos que a produção dentro do estado seria próxima dos melhores valores produzidos na região nordeste, o que traz como expectativa um bom percentual de produção para o estado. Os menores valores de irradiação solar são encontrados na região sul [13].



Figura 6: Comparativo de irradiação global em diferentes cidades do Brasil. Fonte: [14]

Tomando como base estes valores e considerando que uma residência teria seu consumo mantido dentro desta média, poderíamos adquirir um dos vários kits encontrados a venda para instalação de sistemas conectados à rede já com todos os componentes necessários (Painéis solares, inversores de frequência, estrutura de fixação e cabos), conforme Tabela 2. Estes kits possuem capacidade de produzir entre 185 a 215kWh/mês. Neste caso, não estamos considerando a mão de obra de instalação ou manutenção dos equipamentos para os cálculos ora apresentados, que varia de acordo com a cidade em que o sistema for instalado.

**Tabela 2. Comparativo entre empresas que comercializam kits fotovoltaicos. Fonte: autor do trabalho.**

EMPRESA	VALOR EM REAIS
01	14.557,90
02	13.590,00
03	15.980,00
<b>VALOR MÉDIO</b>	<b>14.709,30</b>

Sendo assim, poderíamos produzir uma média de 200 kWh/mês, lembrando que este valor pode variar de acordo com a irradiação solar que tem seus meses de pico e de baixa. Porém, conseguiríamos facilmente suprir as necessidades desta residência hipotética, possibilitando ao seu morador pagar apenas a taxa mínima da concessionária de energia, que para Mato Grosso é cobrado atualmente por volta de R\$ 49,20, o equivalente a 50kWh, acrescido da CIP, das tarifas e do sistema de bandeiras, que atualmente está na bandeira vermelha. Trazendo uma economia mensal estimada em R\$ 83,44, possibilitando assim o cálculo do tempo de retorno do investimento através da equação 1:

$$TM = VI / VEM \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

TM – Tempo em meses para pagar o investimento (meses)

VI – Valor investido com o kit solar (R\$)

VEM – Valor médio economizado mensalmente (R\$/mês)

## CONCLUSÃO

Levando-se em conta o caso a cima teremos a possibilidade de pagarmos o investimento inicial em 163 meses, aproximadamente 13,6 anos, para o caso da empresa 2. Se levarmos em conta o tempo de vida útil dos painéis, de cerca de 25 anos, teríamos a capacidade de economizarmos cerca de R\$ 11.431.24 neste período. Se levarmos em conta que quanto mais esta tecnologia for utilizada e difundida, a tendência é de diminuir-se os custos com a mesma, levando a um ciclo de produção que se possibilitaria, a partir da economia gerada, não se investir mais dinheiro, uma vez que com o valor economizado seria possível adquiri-los, tornando-se, assim, um investimento a longo prazo autossustentável.

Poderíamos ainda pensar nas vagas diretas e indiretas que surgiriam no mercado devido à necessidade de pessoas especializadas no assunto, fazendo disto uma nova forma de gerar empregos. Esta é também uma forma de estimular a sustentabilidade, pois teríamos casas autossustentáveis em energia e não haveria necessidade de acionamento de termoeletricas ou usinas nucleares, que são grandes emissores de poluentes na atmosfera, contribuindo de forma significativa para o meio ambiente. Além de baratearmos os custos da energia, uma vez que sem o acionamento destes tipos mais poluentes e caros de geração a tendência seria a de voltarmos à bandeira verde de tarifação.

No entanto, vemos que muito temos que andar na direção desta forma limpa e sustentável e vemos que falta ainda muito interesse dos governos em promover, de forma significativa, a disseminação desta tecnologia através de incentivos ou financiamentos próprios. Vemos também que alguns estados têm começado a ver com bons olhos esta forma de geração de energia, que esperamos que tenha vindo para ficar, pois o essencial para esta forma de produção em nosso país tem de sobra, que é o Sol em abundância em todas as regiões e praticamente o ano inteiro, o que poderá fazer do Brasil um exemplo para o mundo em energia limpa e renovável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vallêra, António M. Brito, Miguel Centeno. Meio século de história fotovoltaica. Gazeta da Física, 2006. Disponível em <http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>. Data: 12 de setembro de 2015
2. Instituto superior de técnico, Universidade Técnica de Lisboa (IST-UTL) Energia Solar. Breve história da energia solar. Disponível em <http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>. Data 12 de setembro de 2015.
3. Exame.com. Conheça o 1º aeroporto que funciona só com energia solar. Disponível em <http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/conheca-o-1o-aeroporto-que-funciona-so-com-energia-solar>. Data: 12 de setembro de 2015



4. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Normativa N°482 de 17 de Abril de 2012 que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências
5. Governo do Estado de São Paulo. Decreto n. 61.439/2015, 20 de agosto de 2015. Concede isenção de ICMS sobre a energia elétrica fornecida para microgeradores e minigeradores na quantidade correspondente à energia elétrica injetada na rede de distribuição.
6. Ambiente Energia. Brasil ganhará fábrica de painéis fotovoltaicos. Disponível em <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/05/brasil-ganhara-primeira-fabrica-de-paineis-solares-fotovoltaicos/26278>. Data: 11 de setembro de 2015.
7. Salamoni, Isabel; Rütther, Ricardo. Potencial Brasileiro da Geração Solar Fotovoltaica conectada à Rede Elétrica: Análise de Paridade de Rede. *IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído*. Ouro Preto, 2007.
8. Geomodel solar. Maps of Global horizontal irradiation (GHI). 2011. Disponível em: <http://solargis.info/doc/71>. Data: 13 de setembro de 2015.
9. Enersol. Green Energy – How Solar Panel Works. Disponível em: <https://enersol.wordpress.com/tag/electric-current/>. Data: 06 de setembro de 2015.
10. Real-Watt. Conectados à rede (on grid). Disponível em: <http://www.real-watt.com.br/como-funciona.php>. Data: 06 de setembro de 2015.
11. Empresa de pesquisa energética (EPE) Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2014 ano base 2013. Disponível em <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202014.pdf>. Data: 11 de setembro de 2015
12. Disponível em. <http://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/impostos-outros-encargos.aspx>. Data 02 de julho de 2015.
13. Disponível em. <http://www.energisa.com.br/paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/bandeiras-tarifarias.aspx>. Data: 02 de julho de 2015
14. Atlas solarimétrico do Brasil. Fornecido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL / Eletrobrás, 2001. Disponível em: <http://www.americadosol.org/atlas-solar/>. Data: 07 de julho de 2015