



**O POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA
INTEGRADA A REDE PÚBLICA DE DISTRIBUIÇÃO:
“UM EXEMPLO DE AÇAILÂNDIA PARA O MARANHÃO”¹**

Leonardo da Silva Rocha², Jose Bruno Silva Gomes³, Thailon Rodrigo Carvalho da Silva⁴,
Pedro Alves Fontes Neto⁵, Alesandro Macio Sousa Alves⁶

¹Aceito para publicação em 1º trimestre de 2014

² Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus Açailândia;

³ Técnico em Eletromecânica pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus Açailândia;

⁴ Técnico em Eletromecânica pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus Açailândia;

⁵ Docente no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Açailândia.

⁶ Graduado em Agente de Metalurgia pela Universidade Estadual do Maranhão.

Resumo

A atual forma de produção de energia elétrica no Brasil é em sua maior parte advinda das hidrelétricas, apesar de ser considerada energia renovável, é poluente, pois alaga florestas inteiras destruindo a fauna e a flora além de emitir anualmente altas taxas de dióxido de carbono. Esses impactos ambientais aliados ao aumento gradativo das tarifas de energia cobradas e da crescente expansão da rede hidrelétrica no Maranhão pedem novas alternativas energéticas. Neste sentido esta pesquisa justifica-se por apresentar uma nova alternativa de geração de energia que atende e se adequa as demandas energéticas e ambientais, tendo como exemplo a cidade de Açailândia, situada no oeste maranhense. O Brasil dispõe de grande potencial para a aplicação da energia solar e é particularmente privilegiado por ter elevados níveis de radiação anualmente. O objetivo geral desta pesquisa é apresentar fatores positivos locais para a implantação da energia solar integrada a rede pública de distribuição, fatores estes que podem ser generalizados para o estado uma vez que elementos como a radiação que afeta na produção pouco mudam nas cidades do Maranhão. Analisou-se a experiência teórica da implantação com o auxílio do programa *Simulador Solar*, disponibilizado pelo *Instituto Ideal*, em 6 unidades que demonstram o perfil adequado para inserção da energia solar

fotovoltaica integrada a rede pública de distribuição. Ainda são apresentadas as vantagens da inserção desta energia, tanto para o consumidor quanto para o meio ambiente, assim como as barreiras para a sua expansão destacando que há estudos indicando uma queda nas barreiras, havendo por consequência uma valoração neste tipo de geração de energia. Espera-se assim que as informações e a forma de análise aqui expostas venham contribuir para que torne a sociedade maranhense sensível à problemática ambiental quanto à produção de energia que os cerca, destacando o quanto é importante investir em novas fontes de energia renováveis e não poluentes, tornando-se assim um modelo de empreendimento para a produção de energia elétrica e para futuras pesquisas que venham a ser realizadas por parte dos pesquisadores maranhenses visando uma maior viabilidade de instalações desta natureza, melhorando assim a qualidade de vida da população.

Palavras-chave: energia, radiação, solar, fotovoltaica.

**POTENTIAL ENERGY GENERATION PHOTOVOLTAIC
INTEGRATED PUBLIC DISTRIBUTION:
"ONE EXAMPLE FOR AÇAILÂNDIA MARANHÃO" ¹**

Abstract

The current way of producing electricity in Brazil is mostly arising from hydropower, although considered renewable energy, pollutant is because floods destroying entire forests fauna and flora as well as high rates annually emit carbon dioxide. These environmental impacts coupled with the gradual increase in electricity rates charged and the growing expansion of hydroelectric network in Maranhão call for new energy alternatives. In this sense, this research is justified by presenting a new alternative energy generation that meets and fits the energy and environmental demands, taking as an example the city of Açailândia, located in the west of Maranhão. Brazil has great potential for the application of solar energy and is particularly privileged to have high levels of radiation annually. The objective of this research is to present local positive factors for the implementation of integrated solar energy public distribution network, factors that can be generalized to the state since elements like radiation that affects the production change little in the cities of Maranhão. We analyzed the theoretical experience of the implementation with the help of Solar Simulator program, provided by Ideal Institute, 6 units that demonstrate the appropriate profile for insertion of solar photovoltaics integrated public distribution network.

Also presents the advantages of the integration of this energy, both for the consumer and for the environment, as well as barriers to its expansion highlighting that there are studies indicating a decrease in barriers, with a consequent valuation in this type of power generation. The intended result is that the information and the form of analysis presented here will help you become sensitive to environmental issues maranhense society for the production of energy that surrounds them, highlighting how important it is to invest in new sources of renewable energy and clean , thus becoming a development model for the production of electricity and for future research that may be conducted by the Maranhão researchers towards greater viability of facilities of this nature, thereby improving the quality of life.

Keywords: energy, radiation, solar, fotovoltaics.

Introdução

Após a Revolução Industrial, iniciou-se uma exploração desenfreada dos recursos naturais, utilizando-se tecnologias em larga escala para obtenção de energia, sem preocupações ou conhecimento das consequências disso. Udaeta (1997, p.13) aponta que a preocupação maior era alcançar o crescimento econômico e tecnológico, e aumentar de modo geral oferta e mercado.

Atualmente a oferta de energia primária no mundo compõe-se de 13% de fontes renováveis e 87% não renováveis (IEA, 2011). A distribuição relativa dessas fontes é mostrada na (Figura 01- A). Verifica-se o predomínio do petróleo, carvão mineral e do gás natural como principais vias energéticas utilizados no mundo.

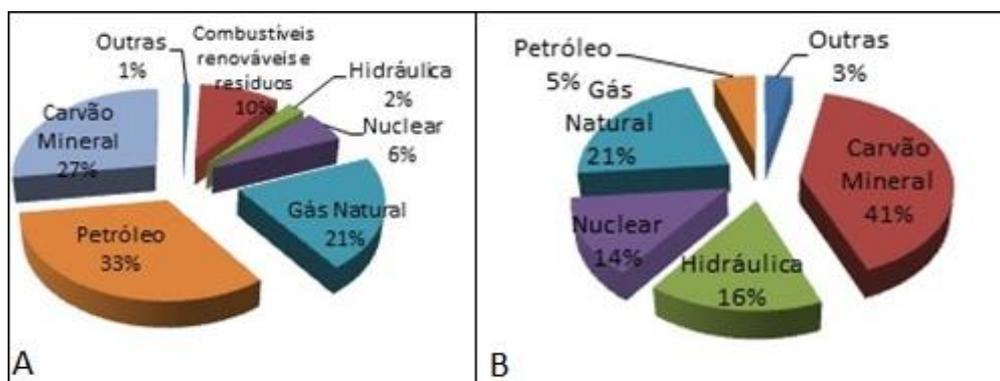


Figura 01-Distribuição relativa das fontes de energia (A) Fontes de energia para a produção de eletricidade (B) Extraído dos relatórios do IEA (2011).

Entre as fontes renováveis, a principal refere-se a combustíveis e resíduos, que

corresponde a cerca de 10% das fontes primárias. Quanto à geração de energia elétrica (Figura 01-B) percebe-se que há o predomínio do carvão mineral e do gás natural.

Os níveis de suprimento energético e a sua base material interagem biunivocamente com o desenvolvimento sócio-econômico, e conseqüentemente impactam o meio ambiente e, portanto a sua sustentabilidade (UDAETA, 1997, p.23).

“Esse quadro de predomínio dos combustíveis fósseis na matriz energética mundial fez surgir duas preocupações principais, especialmente entre os países mais desenvolvidos. São elas as questões relacionadas à segurança energética e as mudanças climáticas.” (UCZAI, 2012, p.21).

O Brasil é um país extremamente rico no que concerne aos recursos naturais, possuindo enorme potencial no que diz respeito aos recursos hídricos. Infelizmente o desenvolvimento do país se baseia na expansão de atividades que exploram exaustivamente esse recurso.

Como mostra a Figura 02-A, a principal fonte de energia provém das hidroelétricas, devido a grande quantidade de rios com grandes desníveis no Brasil, aproveita-se a força das águas construindo as usinas hidrelétricas. Contudo, Favaretto (1999) relata que no Brasil, a construção de usinas hidrelétricas na Amazônia vem degradando enormemente a floresta, Fearnside (2008, p.112-113) define as hidrelétricas como “fábricas de metano” devido aos grandes contingentes de bactérias anaeróbicas presentes fazerem a conversão da matéria orgânica em gás metano e ainda Leite (2005) aponta que a implantação de hidrelétricas gera impactos ambientais na hidrologia, flora, fauna e no clima causando erosões e assoreamento, e na sismologia, alterando a paisagem.

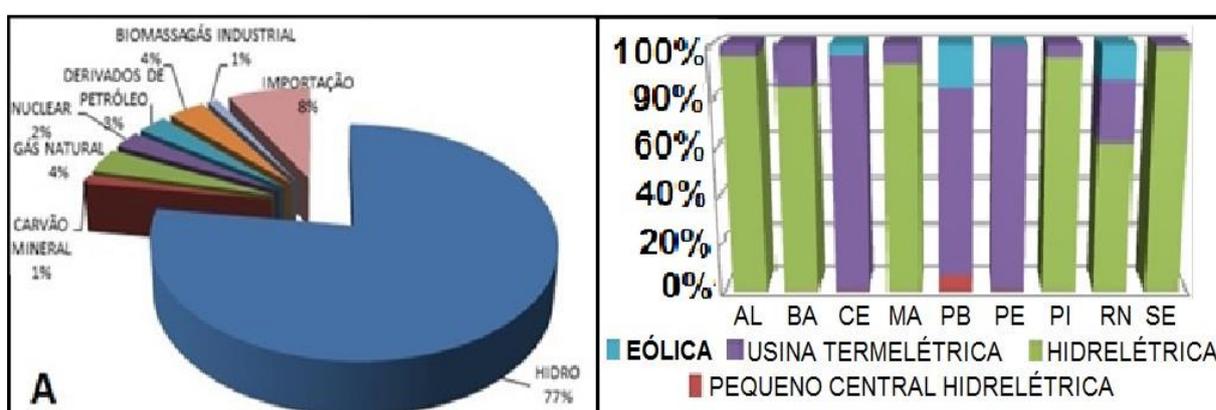


Figura 02 - Distribuição relativa das fontes de energia no Brasil (A) e Potencial de energia elétrica no nordeste(B); Fonte: MME (2007); Aneel (2008).

Assim como em todo o país, o estado do Maranhão possui grande parte de sua

capacidade elétrica vinda das hidrelétricas (ver figura 02-B) "estima-se que 97,5% seja de geração de hidrelétrica e quase que integralmente toda a energia gerada provém da Usina Hidroelétrica de Tucuruí" (VIEIRA, 2009, p.5). Além disto, o Maranhão possui grandes áreas que não são eletrificadas como aponta a Figura 03 indicando que ainda haverá expansão da rede elétrica pelo estado para suprir a demanda. Neste sentido esta pesquisa justifica-se devido a essa exponencial crescente na demanda Maranhense a cada dia se faz necessário o uso de novas formas de energia que visem à sustentabilidade.



Figura 03 - Percentual de áreas não Eletrificadas no nordeste; Fonte: **IBGE (2010)**

O município de Açailândia é um bom exemplo de grande consumidora das atuais fontes primárias de energia, atualmente, um dos maiores centros econômicos do Maranhão, possuindo o terceiro maior PIB e a maior renda per capita do estado. Açailândia está entre as cidades brasileiras que mais arrecadam com a energia elétrica, em proporção ao estado ser um dos que mais cobram pelo consumo de energia.

Segundo Coutinho et al (2010) Açailândia é uma das "20 futuras metrópoles do Brasil", prevendo assim que seriam necessárias novas medidas que aliadas a esse crescimento propusesse a futura metrópole um desenvolvimento sustentável.

Este trabalho propõe o estudo de uma alternativa para amenizar os impactos ambientais, complementando a geração de energia atentando ainda para a economia do consumidor, adotando como modelo a cidade de Açailândia, já que conforme Baqui *et al.* (2003) destaca a recente crise energética nacional trouxe á tona dois aspectos importantíssimos referentes á infraestrutura do sistema elétrico no Brasil: a necessidade de investimento no setor energético e a relação entre energia e desenvolvimento.

Essa relação nos remete ao conceito de energia solar que como mostra a Figura 04 é a que possui maior potencial físico dentre todas as fontes renováveis e primárias atualmente utilizadas podendo ser usufruída em qualquer localidade do país.

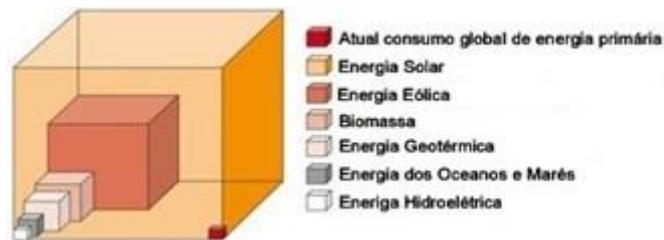


Figura 04 - Potencial Físico das energias renováveis, Fonte: **EPIA (2009)**

A energia solar é a energia eletromagnética do sol, que é produzida através de reações nucleares, ela é propagada através do espaço interplanetário e incide na superfície da Terra. "O total desta energia é superior a 10.000 vezes o consumo anual de energia utilizada pela humanidade" (VANNI, 2008, p.24).

Para obter-se a conversão direta entre luz e eletricidade (Efeito Fotovoltaico) Nascimento (2004, p.9) comenta que é utilizada uma estrutura semicondutora, que ao incidir luz em suas extremidades produz uma diferença de potencial, esse conjunto é chamado de placa ou painel solar (ver figura 05).

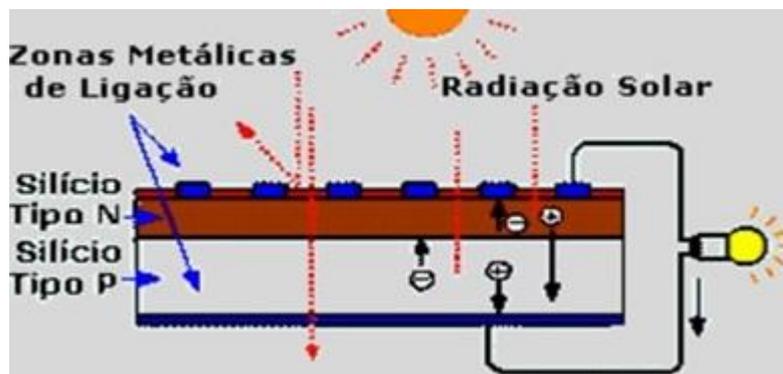


Figura 05 - Processo de Funcionamento de Painel Solar; Fonte: **Electrónica**

Atualmente, há dois tipos de sistemas de geração de energia fotovoltaica: os sistemas Fotovoltaicos Autônomos e os Sistemas Fotovoltaicos Integrados a Rede Pública de Distribuição, este último mais destacável e que será a referência neste trabalho por ter de acordo com Rüter (2004, p.7) a possibilidade de interligação à rede elétrica pública e ser utilizado em meio urbano.

Os Sistemas Fotovoltaicos Integrados a Rede Pública de Distribuição se diferem dos Sistemas Fotovoltaicos Autônomos por não necessitarem de acumuladores tendo em teoria suas baterias na Rede Pública como é mostrado na Figura 06 (A e B).

Rüter (2004, p.09) destaca que desse modo eles dispensam os bancos de baterias

necessárias em sistemas do tipo autônomo e os elevados custos em manutenção decorrente, de maneira geral, estes sistemas são instalados de tal maneira que, quando o gerador solar fornece mais energia do que a necessária para o atendimento da instalação consumidora, o excesso é injetado na rede elétrica: a instalação consumidora acumula um crédito energético (o relógio contador típico é bidirecional e neste caso anda para trás). Enquanto, o sistema gera menos energia do que a demanda necessitada pela instalação consumidora, o déficit é suprido pela rede elétrica (ver figura 06-C). "Perdas por transmissão e distribuição, comuns ao sistema tradicional de geração centralizada, são assim minimizados" (RÜTHER, 2004, p.7).

Geller (1994) ressalta e Dutra; Lamberts; Pereira (1997) reiteram que “este sistema é uma opção para complementar o fornecimento elétrico de residências e estabelecimentos comerciais, já que no Brasil, mais de 40% da energia elétrica consumida é utilizada por edificações residenciais, comerciais e públicas; sendo o setor residencial responsável por 23% do total do consumo nacional e os setores comercial e público responsáveis por 11% e 8% respectivamente.”

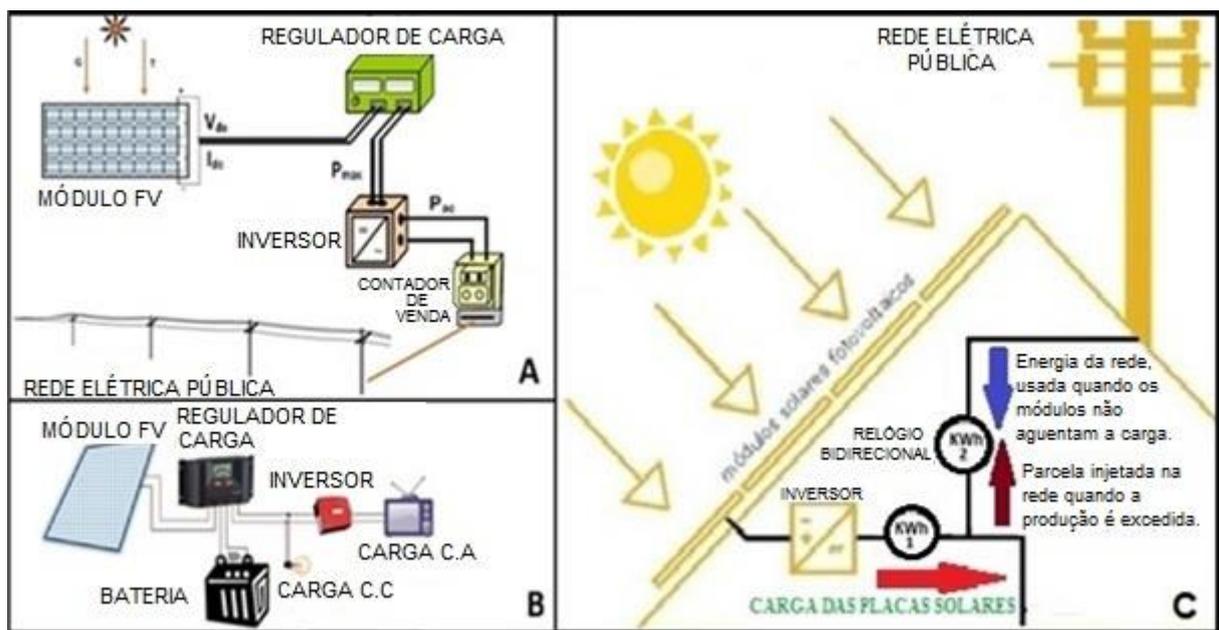


Figura 06 - Representação Esquemática de um gerador fotovoltaico dos respectivos equipamentos de interface com a rede elétrica (A) Sistema Autônomo de Geração de Energia Autônoma com Carga DC e AC(B) Representação do gerador fotovoltaico integrado ao telhado e interligado à rede elétrica convencional. O relógio medidor 1 (kWh 1) mede a energia gerada pelo sistema solar fotovoltaico; o relógio bidirecional medidor 2 (kWh 2) mede a energia gerada pelo sistema solar que é exportada para a rede elétrica e a energia importada da rede elétrica (C) Fonte: Carneiro(2004) e Rütther (2004).

Berlenga (2012, p.18) aponta como vantagem da utilização da energia solar a total ausência de poluição quando em atividade e a recorrência a uma fonte de primária de energia praticamente inesgotável. Mancilha (2013, p.15) ressalta que o custo de operação é reduzido e a manutenção é quase inexistente, quando o sistema esta em operação é silencioso e não perturba o ambiente, além de os módulos serem resistentes a condições climáticas extremas como: granizo, vento, temperatura e umidade. Neto, Nunes e Silva (2013, p.160) defendem que quando o investimento inicial for recuperado, a energia solar é praticamente gratuita.

A energia solar é importante na preservação do meio ambiente, o Portal AMBIENTE BRASIL (2008 apud SALÉS, 2008) destaca que, "para cada metro quadrado de coletor solar instalado, evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras férteis devido à construção de novas usinas hidrelétricas".

Salés (2008) ainda salienta que uma parte do milionésimo da energia solar que nosso país recebe durante o ano poderia nos dar um suprimento de energia equivalente a: 54% do petróleo nacional, 2 vezes a energia obtida com o carvão mineral e a 4 vezes a energia gerada no mesmo período por uma usina hidrelétrica.

Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é apresentar fatores positivos locais para a implantação da energia solar integrada a rede pública de distribuição, bem como as vantagens de sua inserção, expondo uma experiência teórica, mostrando como a mesma torna-se uma grande alternativa que atende e se adequa as demandas energéticas e ambientais, tendo como exemplo a cidade de Açailândia, localizada no oeste Maranhense.

Tem-se Como objetivos específicos:

- Demonstrar através de gráficos, construídos com dados quantitativos levantados no *Sistema Integrado de Dados Ambientais - SINDA*, que a radiação incidente em Açailândia é um fator positivo para a implantação de sistemas fotovoltaicos integrados a rede pública de distribuição;

- Apresentar a capacidade ideal para se instalar o sistema fotovoltaico integrado a rede pública de distribuição realizando-se cálculos com o auxílio do *software "Simulador Solar"* disponibilizado pelo Instituto ideal, baseando-se na área do local em que se deseja instalar o sistema, no consumo atual do mesmo e na radiação incidente em Açailândia;

- Mostrar o valor que deixaria de ser pago com uso do sistema fotovoltaico integrado a rede pública de distribuição, tal como o tempo necessário para que investimento inicial seja

coberto pela diminuição da conta de energia.

- Mostrar a taxa de dióxido de carbono que deixaria de ser enviada a atmosfera devido à utilização do sistema;

- Disponibilizar à comunidade técnico-científica de Açailândia e do estado do Maranhão os resultados da pesquisa, mostrando uma alternativa para complementar o atual sistema energético, destacando o quanto é importante investir em novas fontes de energia renováveis e não poluentes, tornando-se assim um modelo de empreendimento para a produção de energia elétrica.

Metodologia

Considerando os requisitos necessários para a implantação de sistemas fotovoltaicos integrados a rede pública tais como: altos gastos com energia e áreas maiores que 15 m² em média, fator importante para a instalação de módulos fotovoltaicos, para que não venha se utilizar dos espaços de serviço, apenas dos telhados. Selecionou-se 6 unidades para serem modelo da pesquisa. Escolheu-se o setor comercial de Açailândia por atender os requisitos acima citado sendo apontado pelo Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos-IMESC (2010, p.85) como o segundo setor com maior consumo de energia no município.

Nas análises feitas em campo levantaram-se junto aos administradores, informações anuais referentes ao consumo e aos gastos com energia. Logo após inseriu-se os dados coletados do setor comercial e os da radiação outrora levantados, no *software Simulador Solar*, onde o mesmo realizou cálculos acerca da capacidade ideal para um sistema fotovoltaico integrado a rede pública nas unidades estudadas.

A partir dos dados gerados no software, calculou-se o investimento inicial no sistema, os benefícios gerados pelo mesmo, o tempo para os gastos iniciais serem cobertos pelo abatimento de despesas e a taxa de dióxido de carbono que deixaria de ser enviada a atmosfera por unidade estudada.

Com os resultados destas análises elaboraram-se gráficos e tabelas com os dados anteriormente citados.

Resultados e discussão

O Brasil segundo Abreu et al (2006, p.10) é um país que possui grande potencial para o aproveitamento de energia solar durante todo o ano, por ser um país localizado na sua maior

parte em região intertropical. A média anual do total diário de radiação solar incidente no território brasileiro é mostrada na Figura 07-A.

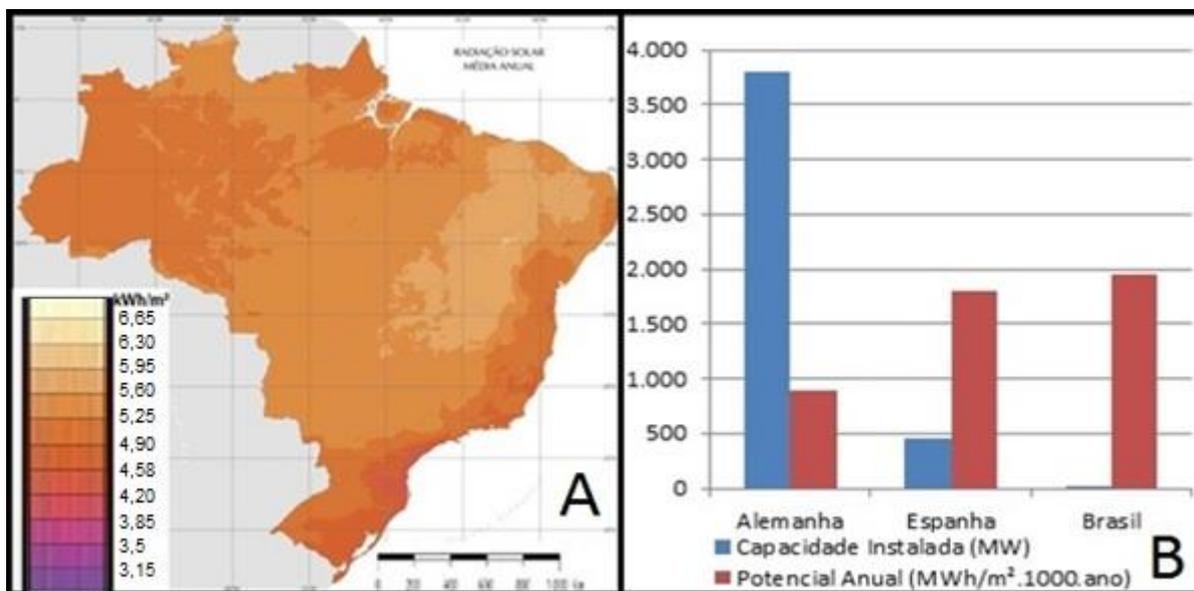


Figura 07 -Mapa da radiação solar incidente diária por metro quadrado no Brasil (A) Capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos e potencial solar da Alemanha, Espanha e Brasil (B) Dados extraídos de **Abreu et al (2006, p.36)** e **Zilles (2008)** e **Varella (2009)**.

É perceptível que o Brasil possui um alto valor mínimo e máximo de radiação solar incidente abrangendo valores entre 4,2 kWh/m² a 6,3 kWh/m² avaliando esses dados Jannuzzi (2009, p.15) salienta que o Brasil possui um potencial maior do que duas vezes o potencial da Alemanha, país líder em capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos como mostra a Figura 07-B. A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica-Abinee (2012, p.125) destaca que a concentração de irradiação media diária na Alemanha chega ao valor máximo de 3,4 kWh/m², podendo-se afirmar que a irradiação solar dos melhores parques alemães chega a ser inferior à dos piores locais de irradiação brasileiros.

É destacável ainda que, a maior incidência da radiação solar no país ocorre nos meses de setembro a novembro como mostra a Figura 08, "época em que se verificam as menores energias naturais afluentes nas usinas hidrelétricas brasileiras [...] percebe-se que o aproveitamento da energia solar no Brasil também é complementar ao regime hídrico" (UCZAI, 2012, p.117).

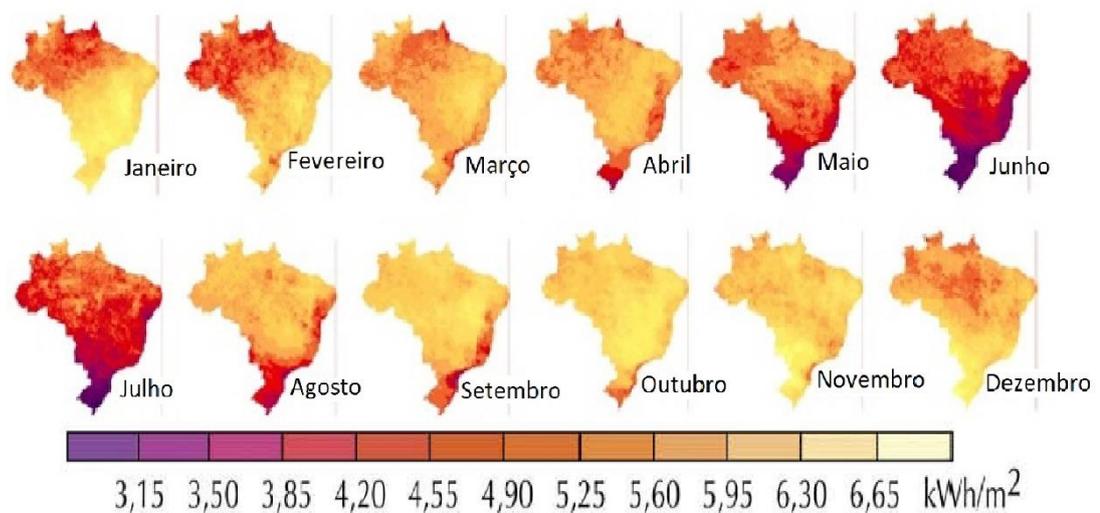


Figura 08-Radiação incidente mensal no Brasil gráfico extraído de **Abreu et al(2006, p.35-41)**.

O Maranhão por situar-se em área equatorial é privilegiado por receber grandes contingentes de radiação anualmente, na Figura 09 é mostrado o potencial energético segundo as latitudes, o Maranhão se insere no intervalo de 0° a 10° ao sul, revelando o grande potencial que o estado detém.

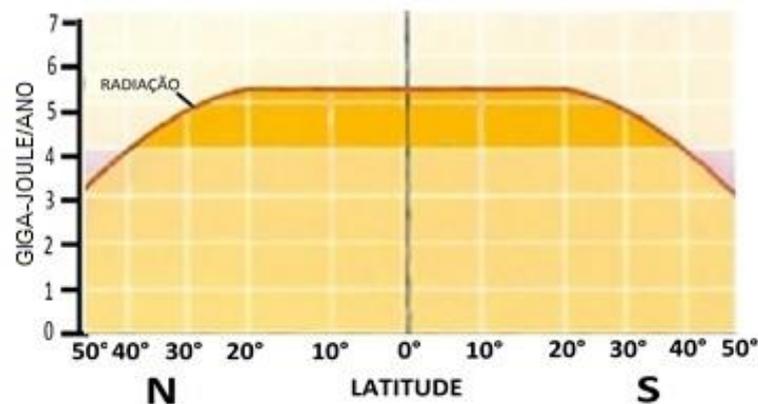


Figura 09 - Potencial energético segundo as latitudes em Giga-Joule por ano; Fonte: **Pena (2009)**.

Assim como em todo o estado o município de Açailândia detém de grande quantidade de radiação incidindo em sua superfície anualmente. A variação mensal da radiação no município se mantém em valores altos no decorrer do ano estando em uma faixa entre 4,8 e 6,9 kWh/m² como mostra a Figura 10.

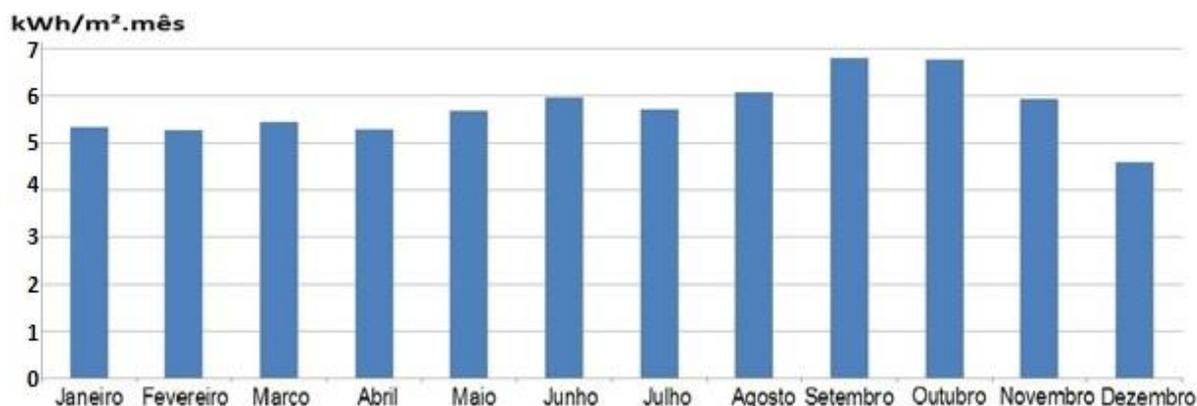


Figura 10 - Radiação que incide mensalmente em Açailândia, elaborado a partir de dados extraídos do SINDA.

Com esses dados mostrou-se que a radiação incidente em Açailândia é superior a da Alemanha, maior potência em utilização de energia solar atualmente, apontando um fator positivo para a implantação da energia solar no município.

Outro ponto positivo para citarmos é a firme trajetória de aumento da eficiência dos módulos e a queda dos custos de implantação desses sistemas em nível internacional e nacional, somando a estes fatores, a vasta disponibilidade no Brasil de matéria-prima que constitui os módulos fotovoltaicos, podendo no futuro, serem fabricados no país, o que resultaria no barateamento da tecnologia.

Para as pesquisas acerca da implantação teórica dos sistemas fotovoltaicos Integrados a rede pública de Distribuição utilizou-se o setor comercial já que segundo (RÜTHER, 2004, p.61)

“Pela natureza das atividades a que se destinam, edificações comerciais apresentam tipicamente um perfil de consumo mais coincidente com a geração de energia elétrica por sistemas solares fotovoltaicos a elas integradas. Principalmente em períodos de calor intenso, onde a demanda energética nestas edificações aumenta de forma acentuada em consequência da utilização intensa de aparelhos de ar-condicionado, é que a geração solar fotovoltaica atinge valores máximos, aliviando desta forma o sistema de T&D da concessionária elétrica e fornecendo energia de elevado valor junto ao ponto de consumo.”

Executou-se o cálculo da capacidade ideal de um Sistema fotovoltaico integrado a rede pública de distribuição nas unidades selecionadas, com o uso do *software Simulador Solar*, o software calculou a partir dos dados atuais de potência consumida e do preço pago pelas unidades em estudo, a potência mínima que o sistema deveria ter visando um maior custo-benefício para o consumidor, os cálculos executados pelo software contemplaram a resolução normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL de modo que os estabelecimentos tivessem a oportunidade de participar do sistema de “compensação de energia”, quando gerassem mais energia que o seu consumo. A simulação considera que os módulos fotovoltaicos estariam instalados voltados para o Norte geográfico e com uma inclinação ótima, a qual corresponde à latitude do local de instalação, que no caso é Açailândia.

Dividiram-se as unidades em estudo em duas categorias: médio e grande porte. As unidades de médio porte são as que possuem áreas médias e consumo moderado, as de grande porte abrangem áreas amplas e possuem um alto consumo mensal.

Depreende-se que as mesmas consomem em média 928 kWh a 33.000 kWh, funcionando no regime trifásico em média 26 dias por mês e 10 horas por dia.

A seguir são apresentadas as medidas de consumo levantadas (ver Tabela 01).

Tabela 01 - Consumo em KWh das unidades selecionadas

	Unidades de Médio Porte				Unidades de Grande Porte	
	Loja Maranhata	Nacional Calçados	Tela União	Kazu Azee	Ari Supermercado	IFMA
Jan/2014	5847 KWh	3026 KWh	1248 KWh	1945 KWh	30200 KWh	26.920 kWh
Fev/2014	4536 kWh	2609 KWh	1266 KWh	1737 KWh	26560 KWh	11.720 kWh
Mar/2014	4699 KWh	2426 KWh	1120 KWh	1161 KWh	27760 KWh	19.600 kWh
Abr/2014	4912 KWh	2492 KWh	1156 KWh	928 KWh	27160 KWh	21.000 kWh
Mai/2014	4821 KWh	3269 KWh	1084 KWh	2595 KWh	13520 KWh	28.120 kWh
Jun/2013	3596 KWh	1259 KWh	1215 KWh	1487 KWh	24596 KWh	14.080 kWh
jul/13	2595 KWh	2369 KWh	1358 KWh	2566 KWh	32569 KWh	24.440 kWh
ago/13	3648 KWh	3249 KWh	1486 KWh	4124 KWh	46589 KWh	25.080 kWh
set/13	2568 KWh	4012 KWh	1250 KWh	2548 KWh	32489 KWh	22.320 kWh
out/13	3256 KWh	2368 KWh	1180 KWh	2485 KWh	36485 KWh	33.080 kWh
nov/13	3254 KWh	3087 KWh	1962 KWh	1962 KWh	26478 KWh	33.000 kWh
dez/13	5413 KWh	3420 KWh	1206 KWh	2085 KWh	28280 KWh	32.480 kWh

De acordo com a demanda das unidades em estudo, os dias de pico de radiação e do uso de energia, e as limitações de áreas abrangidas por cada instituição, tendo em vista a economia das unidades consumidoras visando abastecer 100% da sua demanda elétrica, o software calculou a capacidade do sistema FV. Seu custo de instalação foi calculado a partir do produto da capacidade a ser instalada pelo parâmetro apontado pela Abinee (2012, p.58), que é de 6,27 R\$/Wp usado para os custos com instalações comerciais que utilizarão um sistema fotovoltaico de até 30 KWp e 5,37 R\$/Wp para instalações que usarão entre 30 KWp e 30 MWp . Na Figura

11 são mostrados os custos dos sistemas FV de acordo com a capacidade proposta.

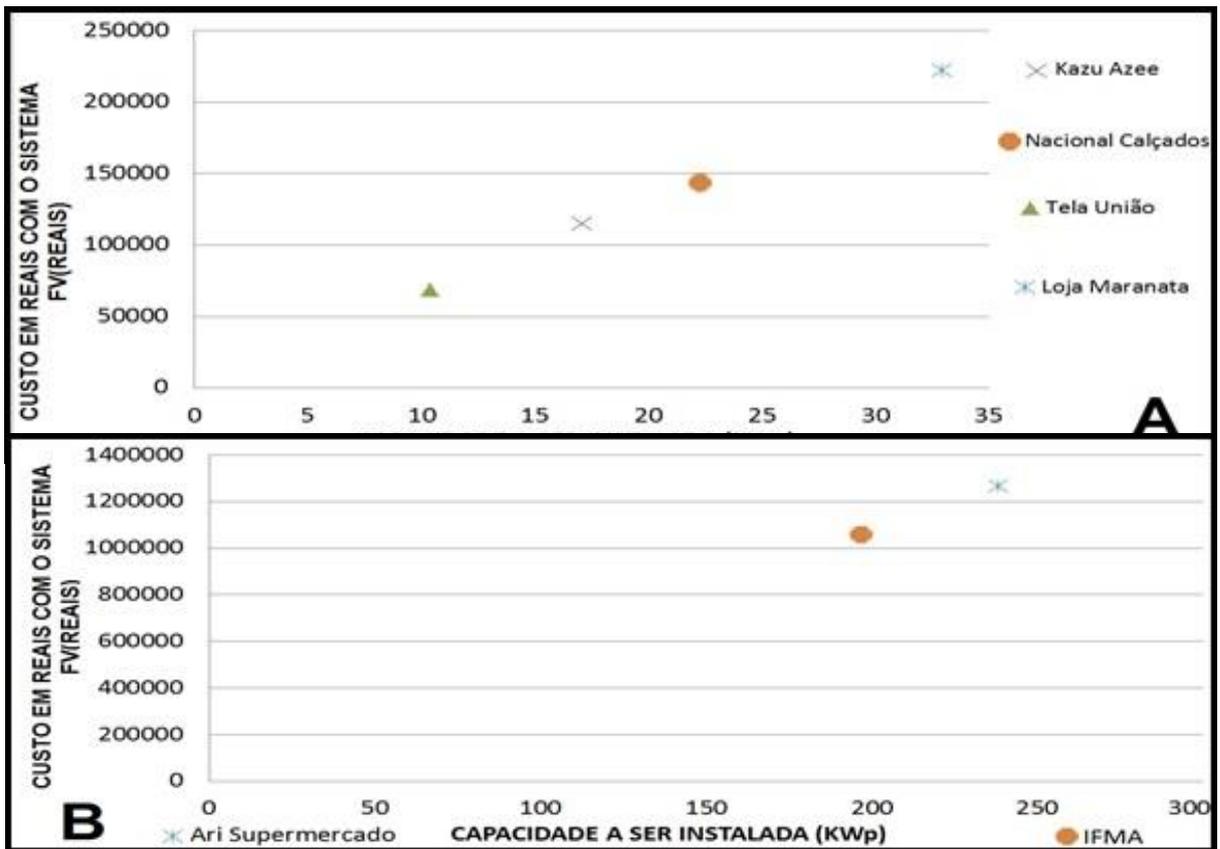


Figura 11 - Custo para sistemas de médio porte segundo sua capacidade (A) Custo para sistemas de grande porte segundo sua capacidade(B)

Considerando a aplicação do sistema nas unidades selecionadas com base no fluxo de radiação e as horas de radiação por dia variando em cada mês, efetuou-se o cálculo da relação entre eletricidade paga com sistema fotovoltaico e a suprida pelo mesmo, para haver uma breve noção da redução que sofreria a conta de energia (ver Figura 12).

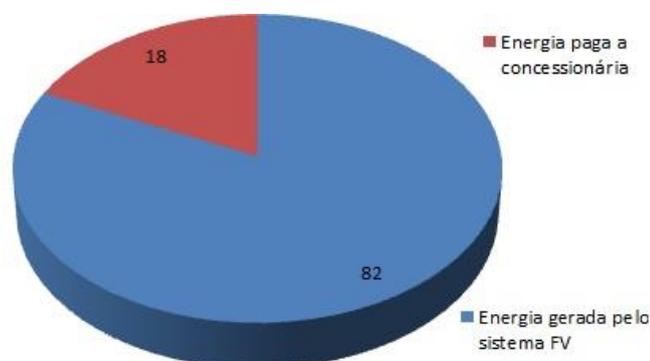


Figura 12 - Percentagem de energia paga e energia produzida pelo sistema FV

Ao estudarmos os gastos com a energia sem o sistema FV (ver Tabela 2) e extrairmos 82% de cada valor que corresponde à energia gerada pelo sistema FV (energia que deixa de ser paga), montou-se uma tabela com os valores que são dispensados devido à instalação do sistema fotovoltaico (ver Tabela 3). Com base nos dados elaborou-se um gráfico mostrando o ponto em que o investimento inicial no sistema seria suprido pelas despesas dispensadas com o uso do sistema FV (ver Figura 13).

Tabela 02-Gastos com energia sem o sistema FV

	Tela União	Kazu Azee	Loja Maranhata	Nacional Calçados	Ari Supermercado	IFMA
Janeiro	1299,36	1822,4	3271,04	2218,32	14064	12.267,69
Fevereiro	1305,12	1755,84	2851,52	2084,88	12899,2	5.318,12
Março	1258,4	1571,52	2903,68	2026,32	13283,2	8.853,30
Abril	1269,92	1496,96	2971,84	2047,44	13091,2	9.661,24
Maior	1246,88	2030,4	2942,72	2296,08	8726,4	12.767,36
Junho	1288,8	1675,84	2550,72	1652,88	12270,72	6.380,69
Julho	1334,56	2021,12	2230,4	2008,08	14822,08	11.330,62
Agosto	1375,52	2519,68	2567,36	2289,68	19308,48	11.418,72
Setembro	1300	2015,36	2221,76	2533,84	14796,48	10.203,80
Outubro	1277,6	1995,2	2441,92	2007,76	16075,2	14.599,64
Novembro	1527,84	1827,84	2441,28	2237,84	12872,96	14.974,88
Dezembro	1285,92	1867,2	3132,16	2344,4	13449,6	14.655,32

Tabela 03 - Gastos dispensados com o uso do sistema FV

	Tela União	Kazu Azee	Loja Maranhata	Nacional Calçados	Ari Supermercado	IFMA
Janeiro	1.065,48	1.494,37	2.682,25	1.819,02	11.532,48	10.059,51
Fevereiro	1.070,20	1.439,79	2.338,25	1.709,60	10.577,34	4.360,86
Março	1.031,89	1.288,65	2.381,02	1.661,58	10.892,22	7.259,71
Abril	1.041,33	1.227,51	2.436,91	1.678,90	10.734,78	7.922,22
Maior	1.022,44	1.664,93	2.413,03	1.882,79	7.155,65	10.469,24
Junho	1.056,82	1.374,19	2.091,59	1.355,36	10.061,99	5.232,17
Julho	1.094,34	1.657,32	1.828,93	1.646,63	12.154,11	9.291,11
Agosto	1.127,93	2.066,14	2.105,24	1.877,54	15.832,95	9.363,35
Setembro	1.066,00	1.652,60	1.821,84	2.077,75	12.133,11	8.367,12
Outubro	1.047,63	1.636,06	2.002,37	1.646,36	13.181,66	11.971,70
Novembro	1.252,83	1.498,83	2.001,85	1.835,03	10.555,83	12.279,40
Dezembro	1.054,45	1.531,10	2.568,37	1.922,41	11.028,67	12.017,36

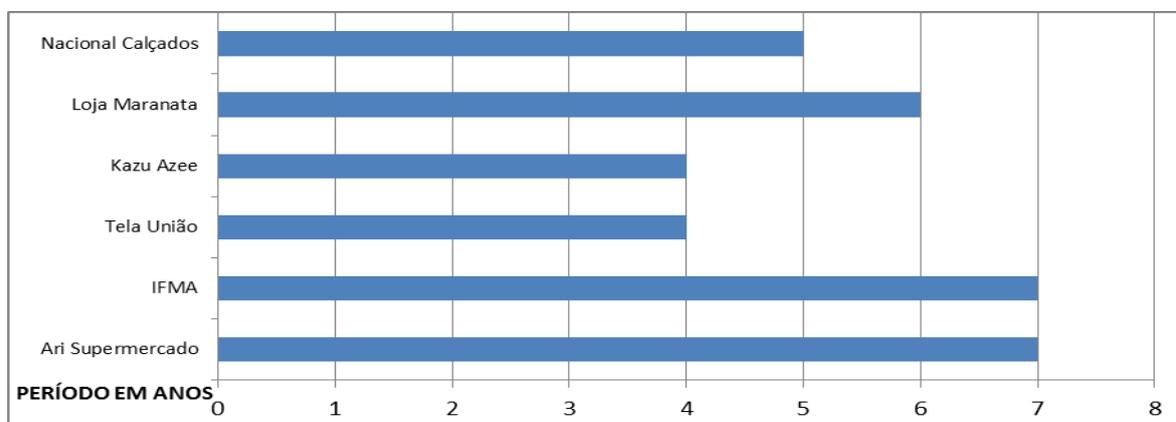


Figura 13 - Gráfico mostrando o tempo necessário para que o investimento inicial seja coberto pela diminuição do valor pago pela energia em cada unidade.

Verifica-se que quanto maior o consumo maior o tempo para os gastos iniciais serem cobertos, percebe-se que há uma variação entre 4 e 7 anos, intervalos de tempo maiores foram alcançados por Rütther *et al.* (2008, p.104-108) e Benedito (2009, p.79) com o mesmo simulador em outras em outras cidades do país, mostrando que há privilégio na aplicação em Açailândia deste tipo de sistema. Benedito (2009, p.79) ressalta que a tendência de custo-benefício é mais favorável ao nordeste e centro-oeste exceto Goiânia, devido ao alto custo da energia e posição favorável quanto à radiação. Apesar da redução no custo da energia elétrica, os sistemas FV possuem um alto investimento inicial variando de R\$ 64990 a R\$ 1279671, Hoffmann (2006) aponta como sendo uma forte contra argumentação para esses altos custos é a constatação da evolução da curva de aprendizagem da tecnologia FV, em que os custos de produção dessa tecnologia vêm mostrando um decréscimo significativo desde o início de sua utilização para aplicações terrestres, em 1970.

Embora haja esta barreira econômica impedindo a expansão energia fotovoltaica há a previsão de que a partir de 2020 ocorra uma expansão significativa desse tipo de tecnologia (ver Figura 14), Benedito (2009, p.98) destaca que este fenômeno decorre de uma tendência da alta na tarifa convencional, impulsionada pelo crescimento da demanda, ao mesmo tempo em que o custo de aquisição de equipamentos fotovoltaicos tende a diminuir, devido à evolução dos processos produtivos.

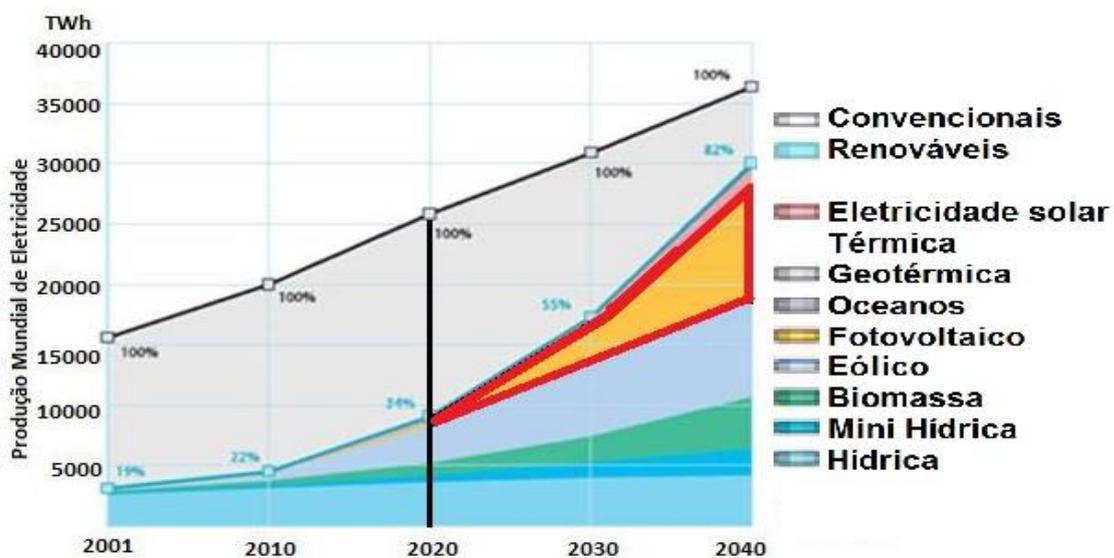


Figura 14 - Evolução da produção mundial de energia elétrica, a área destacada em vermelho indica a expansão da energia fotovoltaica a partir de 2020; Fonte: EREC,2005.

A Alemanha, o Japão, EUA e Espanha são os quatro países com a maior potência acumulada instalada de sistemas fotovoltaicos no mundo. As principais motivações comuns são a diversificação das fontes de energia tradicionalmente utilizadas (segurança no suprimento); o incentivo à indústria de equipamentos fotovoltaicos; o barateamento da tecnologia; e a preocupação com o meio ambiente, principalmente com a redução das emissões de CO₂. (JANNUZZI, 2009, p.10)

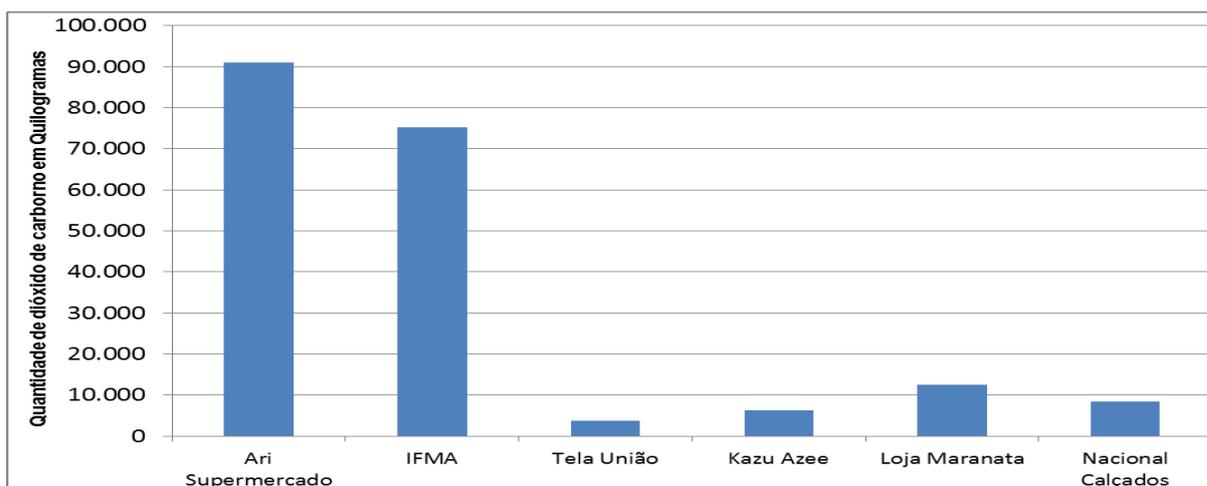


Figura 15 – Quantidade de CO₂ em quilogramas que deixaria de ser enviada a atmosfera em um período de ano nas 6 unidades em estudo.

Quanto aos benefícios para o meio ambiente, estimou-se que em média 7702 quilogramas de dióxido de carbono deixariam de ser emitidos anualmente em unidades de médio porte e 83199 para unidades de grande porte (ver Figura 15), podendo assim contribuir para amenizar o atual cenário de degradação e aquecimento do planeta.

Conclusões

Após o exposto foi possível comprovar a eficácia que teria um sistema fotovoltaico integrado a rede pública de distribuição instalada nesta região do país, devido aos ótimos contingentes diários de radiação. Com a energia solar em vigor, não seria necessário desviar rios ou sequer construir usinas hidrelétricas gigantescas como a de Belo Monte, cujo custo ambiental é imenso destruindo a flora, a fauna e emitindo altas concentrações de gases do efeito estufa. Demonstrou-se que o investimento inicial pode ser justificado pelo grande custo-benefício para o proprietário e pela diminuição das emissões de dióxido de carbono.

Com o desenvolvimento das tecnologias fotovoltaicas segundo Berlenga (2012, p.19)

tem se permitido ir eliminando ou reduzindo o seu elevado custo de produção e consequentemente elevado custo de instalação. À medida que mais investimento é feito nesta tecnologia, maiores são os avanços verificados, aumentando a viabilidade de uma instalação desta natureza.

A forma de análise para a implantação dos sistemas fotovoltaicos, feita através do software *Simulador Solar*, empregada nesta pesquisa apresenta-se como um modelo a ser seguido pelos futuros investidores desta tecnologia. Com a previsão de redução anual do custo dos sistemas solares e a valoração dos custos ambientais da geração centralizada, o sistema solar tende a se tornar economicamente competitivo e alternativo no decorrer dos anos.

Espera-se assim que as informações e a forma de análise aqui apresentadas venham contribuir para que torne a sociedade maranhense sensível à problemática ambiental da produção de energia que os cerca e que, mais estudos venham a ser realizados por parte dos pesquisadores maranhenses visando uma maior viabilidade de instalações desta natureza contribuindo assim, para uma diminuição dos impactos ambientais melhorando a qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA–ABINEE **Propostas para Inserçãoda Energia Solar Fotovoltaicana na Matriz Elétrica Brasileira**. 1. ed. S.l: Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos da ABINEE, 2012. 176p.

ABREU *et al.* **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 1. ed. São José dos Campos: INPE, 2006. 64p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA–ANEEL Resolução Normativa ANEEL n. 482, de 17 de abril de 2012. **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**. Diário Oficial, de 19 abr. 2012, seção 1, p. 53.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA–ANEEL **Tarifas em Vigência de todas as concessionárias**. S.l: Online, 2013. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/tarifaAplicada/index.cfm>> Acesso em: 4 mai. 2014

BAQUI *et al.* **Gerador Eólico de baixo custo para comunidades remotas**. 2003. 269f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Industrial Elétrico-Eletrotécnica) - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO PARANÁ, Curitiba, 2003.

BENEDITO, R. S. **CARACTERIZAÇÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ELETRICIDADE POR MEIO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE, NO BRASIL, SOB OS ASPECTOS TÉCNICO, ECONÔMICO E REGULATÓRIO**. 2009. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO, 2009.

BERLENGA, J. F. F. **Estudo de viabilidade de uma instalação fotovoltaica num edifício existente**. 2012. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA, Lisboa, 2012.

COUTINHO, L.; PAULIN, I.; SPERANDIO, M. **Especial Cidades Médias. As Lições das que já viraram metrópoles**. Revista Veja, Brasil, n.35, p.180, 2010.

DUTRA, L.; LAMBERTS, R.; PEREIRA, R. O. F. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Universidade Federal de Santa Catarina: PW Editores, 1997. 188p.

FAVARETTO, A. J. **Uma abordagem evolutiva e ecológica**. São Paulo: Moderna, 1997. Disponível em: <<http://www.moderna.com.br/moderna/fisica/faces/Cap.43.pdf>> Acesso em: 12 abr. 2014

FEARNSIDE, P. M. **HIDRELÉTRICAS COMO “FÁBRICAS DE METANO”: O PAPEL DOS RESERVATÓRIOS EM ÁREAS DE FLORESTA TROPICAL NA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA**. Oecologia Brasiliensis, **anais**, Manaus-AM, p.112-113, 2008.

GELLER, H. **O Uso Eficiente da Eletricidade: Uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasill**. ACEEE: INEE, 1994.

HOFFMANN, W. **PV solar electricity industry: Market growth and perspective**. Solar Energy Materials & Solar Cells, S.1, v.90, n.1, p.3285–3311, 2006.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY-IEA **Key World Energy Statistics**. 1. ed. EUA: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2011. 82p. Disponível em: <http://www.iea.org/publications/ree_new_desc.asp?pubs_ID=1199> Acesso em: 2 abr. 2014

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS-IMESC **Índice de Desenvolvimento Municipal: Ano 2009**. São Luís: Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos, v.3, 2010. 114p.

JANNUZZI, G. M. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação**. Instituto para o desenvolvimento de energias alternativas na América Latina, Campinas/SP, n.1, p.1-53, 2009.

LEITE, A. M. **Impacto Ambiental das Usinas Hidrelétricas**. II Semana do Meio Ambiente, UNESP, Ilha Solteira, 2005.

MANCILHA, K. C. **APLICAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA PRÉDIOS ADMINISTRATIVOS E ÁREAS INDUSTRIAIS**. 2013. 83f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

NASCIMENTO, C. A. **PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA CÉLULA FOTOVOLTAICA**. 2004. 21f. Monografia (Bacharelado em Fontes alternativas de energia) - Universidade Federal de Lavras-UFLA, Minas Gerais, 2004.

NETO, A. B. M.; NUNES, G. B.; SILVA, M. A. **Uso de painéis solares e sua contribuição para preservação do meio ambiente**. Bolsista de Valor, Instituto Federal Fluminense, n.1, p.157-161, 2013.

RÜTHER, R. **EDIFÍCIOS SOLARES FOTOVOLTAICOS: O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil**. 1. ed. Florianópolis: UFSC/LABSOLAR, 2004. 114p.

RÜTHER *et al.* **PROGRAMA DE TELHADOS SOLARES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA PÚBLICA NO BRASIL**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, *anais*, Fortaleza-CE, v.1, n.1, p.100-110, 2008.

SALÉS, I. C. F. **Análise da Substituição do Chuveiro Elétrico por Aquecedor Solar: Uma Contribuição ao Setor Elétrico na Conservação de Energia**. 2008. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

UCZAI, P. **Energias Renováveis riqueza sustentável ao alcance da sociedade**. CÂMARA DOS DEPUTADOS, Brasília-DF, n.10, p.1-273, 2012.

UDAETA, M. E. M. **PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS ENERGÉTICOS –PIR– PARA O SETOR ELÉTRICO (pensando o desenvolvimento sustentável)**. 1997. 373f. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas de Potência) - Escola Politécnica da

Universidade de São Paulo, USP, 1997.

VANNI, S. R. ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA DE UMA COMUNIDADE TÍPICA DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL. 2008. 164f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear – Reatores) - INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES- Autarquia associada à Universidade de São Paulo, SÃO PAULO, 2008.

VIEIRA, I. S. EXPANSÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL. 2009. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Distrito Federal, 2009.