



**FAPAC – FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LUCAS ALMEIDA VILARINHO
LUIS FERNANDO GUILHERME LEMOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE
IMPLANTAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR E ELÉTRICA EM
PROPRIEDADES RURAIS**

PORTO NACIONAL – TO

2017

**LUCAS ALMEIDA VILARINHO
LUIS FERNANDO GUILHERME LEMOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE
IMPLANTAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR E ELÉTRICA EM
PROPRIEDADES RURAIS.**

Monografia submetida ao ITPAC PORTO
(Instituto Tocantinense Presidente Antônio
Carlos – ITPAC Porto Nacional), como
requisito para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me. Diogo Pedreira Lima

**PORTO NACIONAL – TO
2017**

**LUCAS ALMEIDA VILARINHO
LUIS FERNANDO GUILHERME LEMOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE
IMPLANTAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR E ELÉTRICA EM
PROPRIEDADES RURAIS.**

Monografia submetida ao ITPAC PORTO
(Instituto Tocantinense Presidente Antônio
Carlos – ITPAC Porto Nacional), como
requisito para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me. Diogo Pedreira Lima

APROVADA EM ____/____/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me.

Presidente e Orientador

Prof.

Membro de Banca Examinadora

Prof.

Membro de Banca Examinadora

**PORTO NACIONAL – TO
2017**

AGRADECIMENTOS

“Ora, ao Rei dos séculos, imortal, invisível, ao único Deus seja honra e glória para todo o sempre. Amém! ”. I Timóteo 1:17.

Aos meus pais Edson Ribeiro Vilarinho e Silvania Almeida Soares Vilarinho pelo carinho, paciência, amor, esforço e apoio incondicional, e principalmente pelos joelhos dobrados todos os dias pedindo a minha proteção ao nosso Pai Celestial.

À minha irmã, Milena Almeida Vilarinho, tão pequena, mas tão cheia de amor e cuidado. Jamais esquecerei da pergunta, que sempre me faz e retrata bem esse zelo por mim: “Vai ter prova hoje? Boa prova! ”

À minha amada esposa Ingrid Marques Negreiros pelo amor, e cuidado ao longo desses 3 anos. Suas orações é o que me mantêm de pé.

À toda minha família, tios, tias, primos, mas principalmente aos meus queridos avós Irani José Fernandes, Maria Ribeiro Vilarins, e Elias Lopes Vilarins e minha tia e segunda mãe Simone Almeida Soares. Essa vitória é pra vocês! Obrigado por tudo!

Ao meu orientador, Professor Me. Diogo Pedreira Lima que sempre se mostrou disponível, mesmo em alguns momentos fora do seu horário de trabalho, a passar seus conhecimentos, e me auxiliar. Meu muito obrigado pela sua paciência e empenho para o desenvolvimento desse projeto.

Aos meus colegas de turma, que ao passar do tempo, se tornaram verdadeiros amigos, Luis Fernando Lemos, Ana Carolina Dias, Jecick Cruz, Jhonatan Ferreira e Emanuel Fernandes, sem vocês nessa caminhada junto comigo, seria muito difícil alcançar o fim.

Para finalizar agradeço, mais uma vez, à todos, sem exceção, aqueles que torceram e oraram por mim nessa longa e árdua, mas prazerosa missão.

"Lucas Almeida Vilarinho"

AGRADECIMENTOS

“Agradeço todos meus familiares por cada palavra e ajuda concebida. Agradeço aos meus avós Benite Próspero e Raimundo Guilherme pela paciência e carinho que tiveram durante a minha criação. Agradeço todos meus tios e tias, pela compreensão e voto de confiança em especial minha tia Neldiene das Mêrces, Nelcione dos Reis e Ordália Silva. Onde sem eles, não estaria concretizando minha primeira graduação.

À minha mãe Nelciene de Fátima, em que sempre esteve presente em minha vida, ajudando como podia. E minhas irmãs, Isabela e Isadora, que siga o exemplo do irmão mais velho (Risos).

À minha amada esposa Camila Mariana pela paciência de aguentar esses longos 5 anos, onde o seu amor era o meu combustível para continuar nos momentos de aflição.

Ao meu orientador, Professor Me. Diogo Pedreira Lima que sempre se mostrou disponível, mesmo em alguns momentos fora do seu horário de trabalho, a passar seus conhecimentos, e me auxiliar. Meu muito obrigado pela sua paciência e empenho para o desenvolvimento desse projeto.

Aos meus colegas de turma, que ao passar do tempo, se tornaram verdadeiros amigos, Lucas Almeida, Ana Carolina Dias, Jecick Cruz, Jhonatan Ferreira e Emanuel Fernandes, sem vocês nessa caminhada junto comigo, seria muito difícil alcançar o fim.

Para finalizar agradeço, mais uma vez, à todos, sem exceção, aqueles que torceram e oraram por mim nessa longa e árdua, mas prazerosa missão.

“Luis Fernando Guilherme Lemos”

“ Não fui que lhe ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem desanime, pois, o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde quer que andar”. (Josué 1:9)

RESUMO

É grande a importância que a disponibilidade da energia elétrica tem para o desenvolvimento de uma sociedade e também para uma região. Nos últimos anos, com a crescente preocupação relacionada ao esgotamento das fontes de energia não renovável, como o petróleo, carvão mineral, gás natural, tem feito o ser humano buscar outros meios para se sustentar energeticamente, nesse caso, buscar fontes alternativas de energia. Em meio a esse processo, surge o aproveitamento da energia solar, uma real e promissora fonte renovável de energia. Com a ausência da energia elétrica em zonas rurais e o custo elevado com as instalações das redes de distribuição e das extensões, a energia solar fotovoltaica pode ser uma possível solução para moradores de regiões mais afastadas dos centros urbanos. Este trabalho apresenta conceitos importantes sobre este tipo de energia, o seu desenvolvimento no Brasil e no Mundo, componentes de instalação, tipos existentes de sistemas e principalmente o crescimento e a viabilidade econômica financeira da Energia Solar Fotovoltaica em áreas rurais.

+Palavras-chave: Energia solar. Sistema fotovoltaico. Energia.

ABSTRACT

The importance of the availability of electric energy for the development of a society and also for a region is great. In recent years, with increasing concern about the depletion of non-renewable energy sources such as oil, coal, natural gas, it has made the human being to seek other means to sustain energy, in this case, seek alternative energy sources. In the midst of this process comes the use of solar energy, a real and promising renewable energy source. With the lack of electricity in rural areas and the high cost to the facilities of distribution networks and extensions, photovoltaic solar energy can be a possible solution for residents of more remote areas of urban centers. This paper presents important concepts about this type of energy, its development in Brazil and the World, installation components, existing types of systems and especially the growth and financial economic viability of Photovoltaic Solar Energy in rural areas.

Keywords: Solar energy. Photovoltaic system. Energy.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 17 |
| 2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS..... | 17 |
| 2.1.1 Energia Eólica..... | 17 |
| 2.1.2 Energia Hidráulica..... | 18 |
| 2.1.3 Biomassa..... | 19 |
| 2.1.4 Energia Solar Fotovoltaica..... | 19 |
| 2.2 ENERGIA SOLAR NO MUNDO..... | 19 |
| 2.3 ENERGIA SOLAR NO BRASIL..... | 21 |
| 2.4 COMPONENTES DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS..... | 22 |
| 2.4.1 Módulo Fotovoltaico..... | 22 |
| 2.4.2 Baterias..... | 22 |
| 2.4.2.1 Baterias Chumbo-Ácido..... | 23 |
| 2.4.2.2 Baterias Níquel-Cádmio ou Alcalina..... | 24 |
| 2.4.3 Controladores de Carga..... | 24 |
| 2.5 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS..... | 25 |
| 2.5.1 Sistemas Isolados..... | 25 |
| 2.5.2 Sistemas conectados à rede..... | 26 |
| 2.5.3 Sistemas Híbridos..... | 27 |
| 2.5.4 Sistemas de bombeamento d'água..... | 28 |
| 2.6 ELETRIFICAÇÃO RURAL BRASILEIRA E OS PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO..... | 29 |
| 2.7 VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DA ENERGIA SOLAR EM ÁREAS RURAIS..... | 30 |
| 3 OBJETIVOS..... | 34 |
| 3.1 OBJETIVO GERAL..... | 34 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 34 |
| 4 METODOLOGIA..... | 35 |
| 4.1 ÁREA DE ESTUDO..... | 35 |
| 4.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS..... | 35 |
| 4.3 PROJETOS..... | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3.1 Projeto Elétrico..... | 36 |
| 4.3.2 Projeto de Energia Solar Fotovoltaica..... | 36 |
| 4.4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS ELÉTRICOS..... | 38 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 39 |
| 5.1 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS COM PAINÉIS FOTOVOLTAICOS E SEUS CUSTOS..... | 40 |
| 5.2 CUSTOS DE UMA RDR DE 13,8 KV..... | 43 |
| 5.3 ANALISE COMPARATIVA ENTRE OS DOIS SISTEMAS..... | 44 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 46 |
| REFERÊNCIAS..... | 47 |
| ANEXOS..... | 50 |
| APÊNDICES..... | 53 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - Potência instalada de células fotovoltaicas no mundo..... | 20 |
| FIGURA 2 - Corte de um Módulo Fotovoltaico..... | 22 |
| FIGURA 3 - Exemplo de um Sistema Isolado..... | 26 |
| FIGURA 4 - Sistema Fotovoltaico conectado à rede elétrica..... | 27 |
| FIGURA 5 - Exemplo de Sistema Híbrido..... | 28 |
| FIGURA 6 - Exemplo de configuração de Sistemas de Bombeamento Fotovoltaico..... | 29 |
| FIGURA 7 - Localização da chácara a ser estudada..... | 35 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1 - Maiores potências instaladas em células fotovoltaicas por país..... | 21 |
| TABELA 2 - Custo domiciliar da eletrificação rural convencional em função do número de residências a serem atendidas e da distância à rede elétrica..... | 32 |
| TABELA 3 - Composição de custos de um Sistema Fotovoltaico Autônomo para uma residência rural..... | 33 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| QUADRO 1 – Levantamentos de cargas, área e perímetro da residência estudada... | 39 |
| QUADRO 2 – Carga total em watts da residência..... | 40 |
| QUADRO 3 - Média anual de incidência solar em diferentes meses do ano..... | 40 |
| QUADRO 4 - Potência total dos equipamentos da residência..... | 41 |
| QUADRO 5 - Custo de equipamentos que serão implantados no projeto..... | 42 |
| QUADRO 6 – Descrição dos materiais a serem utilizados..... | 43 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios

PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas

IEA – International Energy Agency

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

MW – Megawatt

KW – Quilowatt

MME – Ministério de Minas e Energia

GTES – Grupo de Trabalho de Energia Solar

A – Amperes

h – Horas

RDR – Rede de distribuição Rural

1 INTRODUÇÃO

As dificuldades vividas atualmente e a preocupação relacionada à elevação de custos e a insuficiência dos recursos energéticos disponíveis em todo o mundo, estão fazendo com que as nações se movimentem e procurem outros meios, ou na verdade, outras modalidades de energia, principalmente as de origem renováveis, como a energia eólica, a energia hidráulica, a proveniente de biomassa, a energia solar, entre outras.

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, origem esta, que é inesgotável, tanto como fonte de calor quanto de luz, é uma das principais e mais promissoras alternativas energéticas disponíveis nos dias atuais. Lembrando que o Sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia. Isso mostra a importância desse elemento.

O nosso país é riquíssimo em incidência de irradiação solar, em praticamente todo o ano. Isto se deve principalmente pelo fato da maior parte do seu território se localizar próximo a Linha do Equador. Por essa característica o potencial de utilização da irradiação solar como fonte de energia alternativa para a produção de energia elétrica torna-se viável e sustentável, devido a essa renovação contínua.

Dentre os mais diversos tipos de energia que o Sol pode oferecer, é importante destacar o uso da energia solar fotovoltaica, uma tecnologia promissora e economicamente interessante.

Segundo Moraes (2003), a energia solar pode ser transformada em eletricidade por meio do efeito fotoelétrico, mais comumente chamada de conversão fotovoltaica. Tal processo consiste na transformação direta da energia radiante em eletricidade, sem a produção, no processo, de nenhuma forma intermediária de energia.

O uso desse tipo de energia pode ser uma saída para regiões mais afastadas dos centros urbanos, no caso, as áreas rurais. Tem como alguns atrativos: ser uma energia natural e sustentável, o seu sistema ser de fácil instalação, gerar energia mesmo em dias nublados e chuvosos, e ser aplicada conforme suas necessidades de energia.

As características mais comuns, e ao mesmo tempo, as maiores dificuldades enfrentadas pelas concessionárias de energia para a efetuação de um serviço de eletrificação rural, são: a grande dispersão geográfica da população, baixo consumo, alto investimento por consumidor, alto custo de operação, o que resulta num baixo retorno e até mesmo prejuízo financeiro para as fornecedoras.

Mesmo com incentivos recentes e programas de eletrificação rural como o Luz no Campo, Luz para Todos, e o PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios, concedidos pelo Governo Federal nos últimos anos, uma considerável parte da população brasileira não desfruta de energia elétrica em suas casas.

Desse modo, é imprescindível reaver novas soluções energéticas ou tecnologias que busquem solucionar dificuldades vividas por populações mais afastadas dos centros urbanos, e uma saída bastante interessante é a energia solar fotovoltaica. Tal processo facilitaria o acesso à energia elétrica de toda população rural, indistintamente de sua condição econômica ou localização geográfica.

Sabendo disso, iremos analisar a viabilidade de implantação de Sistema de Energia Solar Fotovoltaica em uma habitação residencial na zona rural do município de Porto Nacional – TO.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS

Fontes de energias renováveis são aquelas que tem como característica principal ser praticamente inesgotáveis, por possuírem ciclos que são restaurados em curtos períodos de tempo. Destaca-se, por exemplo, a energia hidráulica, a radiação solar, a velocidade do vento e a energia da biomassa, como sendo as mais comuns (NOGUEIRA, 2004).

Pacheco (2006) compartilha da ideia que, estas energias renováveis podem e devem ser utilizadas de forma sustentada, de maneira que incida em mínimo impacto ao meio ambiente. O avanço da tecnologia tem permitido que, aos poucos, elas possam ser aproveitadas tanto como combustíveis alternativos (álcool, combustíveis), como na produção de calor e de eletricidade, como a energia eólica, solar, da biomassa, e de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), separadas das grandes hidrelétricas, com características renováveis, constituindo-se em fonte convencional de geração de eletricidade.

2.1.1 Energia Eólica

Para a Aneel (2002), a energia eólica é a energia cinética inclusa nas massas de ar em movimento (vento). O aproveitamento desta energia ocorre através da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aero geradores, para a geração de energia elétrica, ou através de cata-ventos e moinhos para trabalhos mecânicos, como bombeamento de água.

Rosa e Tiago Filho (2007) relatam que a energia eólica pode ser considerada como uma das formas de manifestação da energia do Sol, já que esse astro é responsável diretamente pela produção dos ventos. Uma estimativa da energia total disponível nos ventos ao redor do planeta pode ser feita a partir da hipótese de que aproximadamente 2% da energia solar absorvida pela Terra é convertida em energia

cinética dos ventos. Embora pequeno em número, esta porcentagem representa centena de vezes a potência atual instalada nas centrais elétricas do mundo.

No Brasil, essa fonte de energia vem mostrando ser uma excelente solução na busca de formas alternativas de geração de energia, principalmente para a região Nordeste. É uma abundante fonte de energia renovável, limpa e disponível em todos os lugares (PACHECO, 2006).

2.1.2 Energia Hidráulica

O Sol é a fonte da energia térmica necessária para a passagem da água das fases líquida e sólida para a fase do vapor, e é também a origem das circulações atmosféricas que transportam vapor de água e deslocam as nuvens. As precipitações que provêm desse processo é que mantêm a água circulando nos rios. Esse movimento da água ocasiona uma certa energia, que é a chamada energia hidráulica (ROSA, 2007; TIAGO FILHO, 2007).

Segundo Aneel (2002), no Brasil, água e energia têm uma forte e histórica interdependência, de forma que a contribuição da energia hidráulica ao desenvolvimento econômico do país tem sido expressiva. Seja no atendimento das diversas demandas da economia – atividades industriais, agrícolas, comerciais e de serviços-, ou da própria sociedade, melhorando o conforto das habitações e a qualidade de vida das pessoas. Também desempenha papel importante na integração e desenvolvimento de regiões distantes dos grandes centros urbanos e industriais.

A participação da energia hidráulica na matriz energética nacional é de cerca de 42%, provocando a geração de cerca de 90% de toda a eletricidade produzida no país. Apesar da tendência de crescimento de outras fontes, devido a restrições socioeconômicas e ambientais de projetos hidrelétricos e os avanços tecnológicos no aproveitamento de fontes não-convencionais, tudo leva a crer que a energia hidráulica continuará sendo, por muitos anos, a principal fonte geradora de energia elétrica no Brasil. Apesar de os maiores potenciais remanescentes estarem localizados em regiões com fortes restrições ambientais e longínquo dos principais centros consumidores, calcula-se que, nos anos vindouros, pelo menos 50% da necessidade de expansão da capacidade de geração seja de origem hídrica (ANEEL, 2002).

2.1.3 Biomassa

Para Aneel (2005), a biomassa é todo recurso renovável vindo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser usada na produção de energia. Da mesma forma que outras energias, como a hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é transformada em energia química, por meio da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos.

Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora apresente eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, através da combustão em fornos, caldeiras, etc. Para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos sócio ambientais, tem-se desenvolvido e aperfeiçoado tecnologias de conversão eficiente, como a gaseificação e a pirólise (ANEEL, 2002).

2.1.4 Energia Solar Fotovoltaica

Segundo Sá (2010), o efeito fotovoltaico consiste na propriedade dos semicondutores demonstrarem uma diferença de potencial quando expostos a feixes de luz.

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre através dos efeitos da radiação (calor e luz) que incidem sobre certos materiais, no caso, os semicondutores. Destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro define-se pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares (ANEEL, 2005).

2.2 ENERGIA SOLAR NO MUNDO

Segundo estudo do Photovoltaic Power Systems Programme, da IEA, em 2007, a potência total instalada alcançou a marca de 7,8 mil MW. Para se ter uma

base, toda essa potência responde a pouco mais de 50% da capacidade instalada da usina hidrelétrica de Itaipu, de 14 mil MW (ANEEL, 2008).

Segundo Shayani, Oliveira e Camargo (2006) a Alemanha é um dos países precursores na utilização da energia solar distribuída. Entre a década de 1990 e 1995 foi realizado um programa de instalação de painéis fotovoltaicos ligados à rede em 1.000 telhados, chegando a alcançar a marca de 2.250 equipamentos, com potência média de 2,6 kW por telhado, atingindo um total de mais de 40 cidades. A energia restante gerada é vendida à concessionária pelo consumidor residencial. Com o triunfo deste projeto, o programa 100.000 telhados solares foi lançado, com o objetivo de alcançar 500 MW de geração de energia solar.

Os mesmos autores ainda citam que, os Estados Unidos também criaram seu programa de instalação de 1.000.000 de “telhados solares”, marca que deveria ser alcançada até o ano de 2010, incluindo geração fotovoltaica, aquecimento de água com coletores solares, aquecimento e refrigeração residencial e aquecimento de piscina.

A Figura 1 mostra a evolução da potência solar instalada no mundo de 1992 a 2007 para produção de eletricidade (ANEEL, 2008).

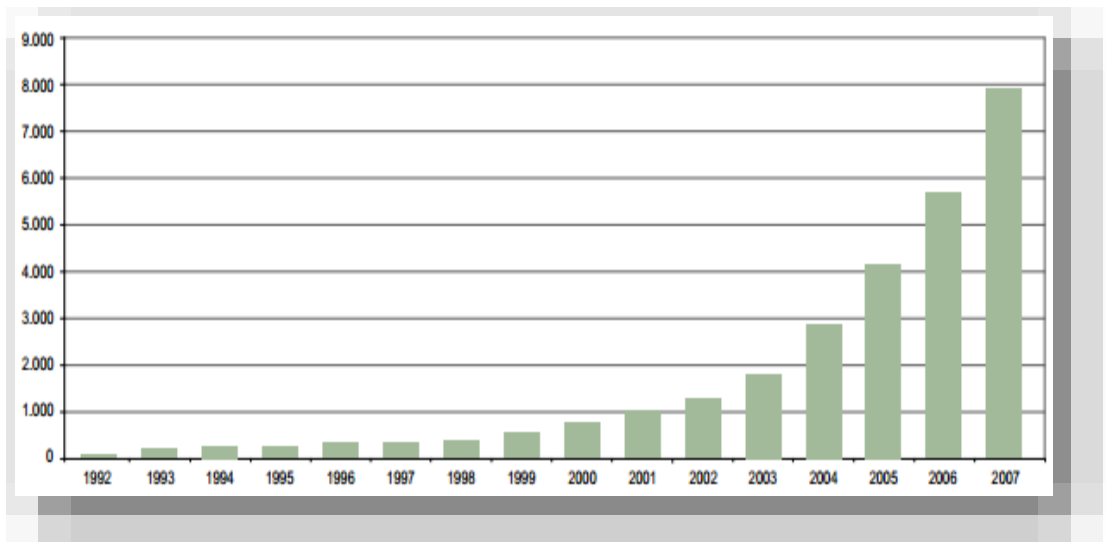


FIGURA 1 - Potência instalada de células fotovoltaicas no mundo (MW).
Fonte: IEA (2007 apud ANEEL, 2008, p.83).

Logo a seguir, como mostra a Tabela 1, há a participação relativa das nações. Da mesma forma como ocorreu no segmento da energia eólica, também na energia solar a potência e precursora do projeto, a Alemanha, é a maior produtora, com 49% da potência total instalada. Além do mais, juntos, Alemanha, Japão, Estados Unidos,

e Espanha concentraram, em 2007, 84% da capacidade mundial. Todos esses países possuem programas fortes de diversificação e simultânea “limpeza” da matriz energética local (ANEEL, 2008).

TABELA 1 - Maiores potências instaladas em células fotovoltaicas por país

| | País | Potência (MW) | % em relação total |
|----|----------------|----------------|--------------------|
| 1º | Alemanha | 3682 | 49,3 |
| 2º | Japão | 1918,9 | 24,5 |
| 3º | Estados Unidos | 830,5 | 10,6 |
| 4º | Espanha | 655 | 8,4 |
| 5º | Itália | 120,2 | 1,5 |
| | Outros países | 454,4 | 5,7 |
| | Total | 7481 | 100 |

Fonte: ADAPTADO de IEA (2007 apud ANEEL, 2008, p.83).

2.3 ENERGIA SOLAR NO BRASIL

Segundo Aneel (2005), existem diversos pequenos projetos nacionais de geração fotovoltaica de energia elétrica, especialmente para o suprimento de eletricidade em comunidades rurais e/ou isoladas do Norte e Nordeste do Brasil. Os projetos anteriormente citados atuam basicamente com quatro tipos de sistemas:

- Bombeamento de água, para abastecimento doméstico, irrigação e piscicultura;
- Iluminação pública;
- Sistemas de uso coletivo, tais como eletrificação de escolas, postos de saúde e centros comunitários;
- Atendimento domiciliar, e também as estações de telefonia e monitoramento remoto, a eletrificação de cercas, a produção de gelo e a dessalinização de água.

2.4 COMPONENTES DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

2.4.1 Módulo fotovoltaico

O módulo fotovoltaico é a unidade básica de todo o sistema. O módulo é composto por células conectadas em arranjos produzindo tensão e corrente suficientes para a utilização da energia. É indispensável o agrupamento em módulos já que uma célula fornece pouca energia elétrica, em uma tensão em torno de 0,4 Volts no ponto de máxima potência. A densidade de corrente é da ordem de 30 mA/cm². Adicionalmente a célula apresenta espessura muito reduzida, necessitando de proteção contra esforços mecânicos e fatores ambientais (GTES, 2004).

O mesmo estudo ainda afirma que, o número de células conectadas em um módulo e seu arranjo, que pode ser série e/ou paralelo, depende da tensão de utilização e da corrente elétrica desejada. Deve ser dada cuidadosa atenção às células a serem reunidas, devido às suas características elétricas (GTES, 2004).

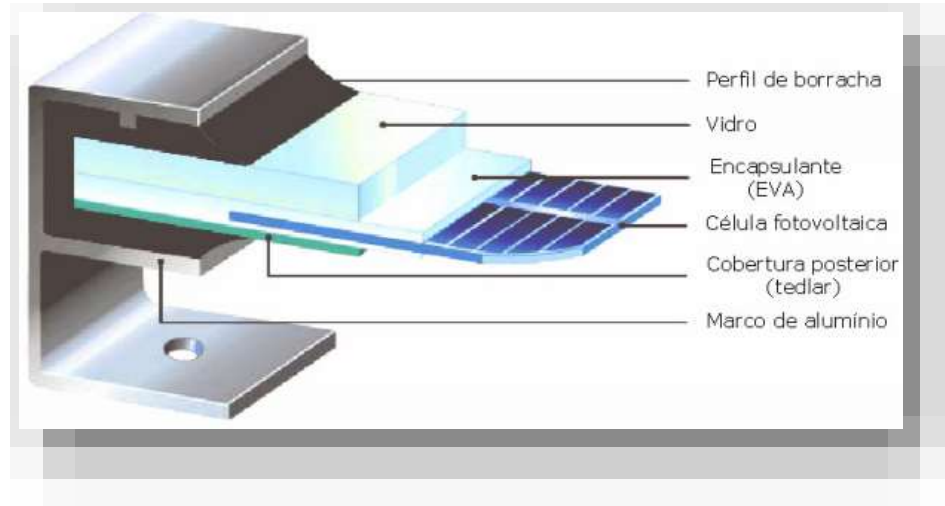


FIGURA 2 – Corte de um Módulo Fotovoltaico
Fonte: Prieb (2002).

2.4.2 Baterias

Os acumuladores eletroquímicos como também são chamadas, ou baterias são uma importante forma de armazenamento de energia que pode ser utilizada, pois são capazes de transformar diretamente energia elétrica em energia potencial química e posteriormente converter, diretamente, a energia potencial química em elétrica.

Cada bateria é formada por um conjunto de células eletroquímicas ligadas em série obtendo-se a tensão elétrica desejada (CUNHA, 2006).

As baterias, são divididas em duas categorias: baterias primárias e baterias secundárias. Baterias primárias são dispositivos eletroquímicos que, uma vez esgotados os reagentes que produzem a energia elétrica, são descartadas, por não poderem mais serem recarregadas. Já as secundárias podem ser regeneradas, isto é, por meio da aplicação de uma corrente elétrica em seus terminais pode-se reverter às reações responsáveis pela geração de energia elétrica e assim recarregar mais uma vez a bateria. Os sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica utilizam acumuladores secundários, isto é, baterias que podem ser recarregadas (ROSEMBACK, 2004).

Segundo Freitas (2008), a escolha adequada do acumulador, assim como da sua capacidade, é uma tarefa essencial para que se consiga o adequado funcionamento do sistema solar fotovoltaico autônomo e proporcionar à bateria um longo tempo de vida útil. Os sistemas fotovoltaicos fazem uso das baterias do tipo recarregáveis sendo as de chumbo-ácido e as de níquel-cádmio as mais comuns.

2.4.2.1 Baterias Chumbo-Ácido

De acordo com Nagahara (2009), as baterias de chumbo-ácido aplicam-se amplamente nos sistemas de geração fotovoltaicos. São as mais usadas devido a alguns fatores, como: variedade de tamanhos, preço acessível, e características de desempenho bem estabelecidas. Dentro da categoria chumbo-ácido temos as baterias com eletrólito líquido e as seladas.

É de grande importância saber a profundidade de descarga de uma bateria chumbo-ácido. Esta característica define o percentual em relação a sua capacidade nominal que uma bateria pode fornecer sem que seja comprometida sua vida útil. As de baixa profundidade são empregadas principalmente em automóveis, já para os sistemas fotovoltaicos são indicadas as de alta profundidade de descarga (CUNHA, 2006).

Para o aumento da durabilidade destas baterias, é necessário carregá-las adequadamente, conforme as recomendações dos fabricantes, para que se previna

que sua descarga alcance níveis superiores aos pré-estabelecidos para sua profundidade de descarga (ROSEMBACK, 2004).

2.4.2.2 Baterias Níquel-Cádmio ou Alcalina

Segundo Freitas (2008), as baterias de níquel-cádmio também podem ser utilizadas em sistemas de geração de energia elétrica fotovoltaica. Esse tipo de bateria apresenta uma estrutura física parecida com a da bateria chumbo-ácido, utilizando hidróxido de níquel para as placas positivas, óxido de cádmio para as placas negativas e hidróxido de potássio para o eletrólito.

As principais características das baterias níquel-cádmio são: o eletrólito é alcalino, possibilitam descargas profundas de até 90% da capacidade padrão, baixo coeficiente de auto descarga, alto rendimento sob variações grandes de temperatura, a tensão normal por elemento é 1,2 Volts, alto rendimento de absorção de carga, custo maior quando em comparação com as baterias ácidas (SOLARTERRA, 2011).

2.4.3 Controladores de carga

Controladores de carga são peças que incluídas na maioria dos Sistemas Fotovoltaicos, tem como objetivos básicos facilitar a máxima transferência de energia do arranjo fotovoltaico para a bateria ou banco de baterias e protegê-las contra cargas e descargas excessivas, aumentando, conseqüentemente, a sua vida útil. Recebem também denominações do tipo “Gerenciador de Carga”, “Regulador de Carga” ou “Regulador de Tensão”, também são comuns e referem-se a controladores de carga com diferentes níveis de sofisticação (GTES,2004).

São dois os tipos de controladores: os que são ligados em paralelo e os que são ligados em série. Os controladores ligados em paralelo são formados por transístores que dissipam a potência gerada em excesso, quando a tensão nos pólos da bateria atingir um determinado valor. A tensão de corte recomendada é de 2,35 V/elemento quando a temperatura for de 25°C. Neste caso, é conveniente instalar um díodo de bloqueio entre a bateria e o transístor para evitar dissipação da energia das baterias através dos transístores. Por sua vez, os controladores ligados em série desligam os painéis das baterias quando a tensão atinge o valor correspondente a

tensão máxima de carga. O interruptor utilizado pode ser um dispositivo eletromecânico, como um relé, ou estático, como por exemplo um transistor (FREITAS, 2008).

2.5 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em quatro categorias diferentes: isolados, híbridos, conectados à rede e de bombeamento de água. A função exercida por cada um dos sistemas depende diretamente de alguns fatores, como: finalidade do uso final, da avaliação econômica, do nível de confiabilidade e de características específicas do projeto (CUNHA, 2006).

2.5.1 Sistemas Isolados

Conforme Freitas (2008), o sistema fotovoltaico autônomo tem como função alimentar um conjunto de cargas sem a presença da rede elétrica, durante todo o ano. Dessa forma, o dimensionamento do painel é normalmente efetuado com base na radiação disponível no mês com menor índice de radiação solar. Juntamente com o painel solar o sistema deve incluir também:

- Baterias, de modo a sustentar a alimentação dos consumos nos períodos em que o recurso (radiação solar) não está presente;
- Controlador de carga, para efetuar a gestão da carga da bateria;
- Inversor, no caso de haver cargas a alimentar em CA.



FIGURA 3 - Exemplo de um Sistema Isolado
Fonte: Neosolar Energia (2016).

2.5.2 Sistemas conectados à rede

Nagahara (2009) diz que, os sistemas conectados à rede são aqueles que estão diretamente ligados à rede de energia por meio de um inversor, no qual este deve alcançar as exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja em nenhum momento afetada, não necessitando, no caso, de um sistema de armazenamento (baterias). Estes sistemas podem ser tanto de pequena dimensão, para a alimentação de pequenas cargas residenciais ou não residenciais, como de média e grande dimensão constituindo centrais fotovoltaicas com potências instaladas entre as dezenas de KW de pico e alguns MW de pico.

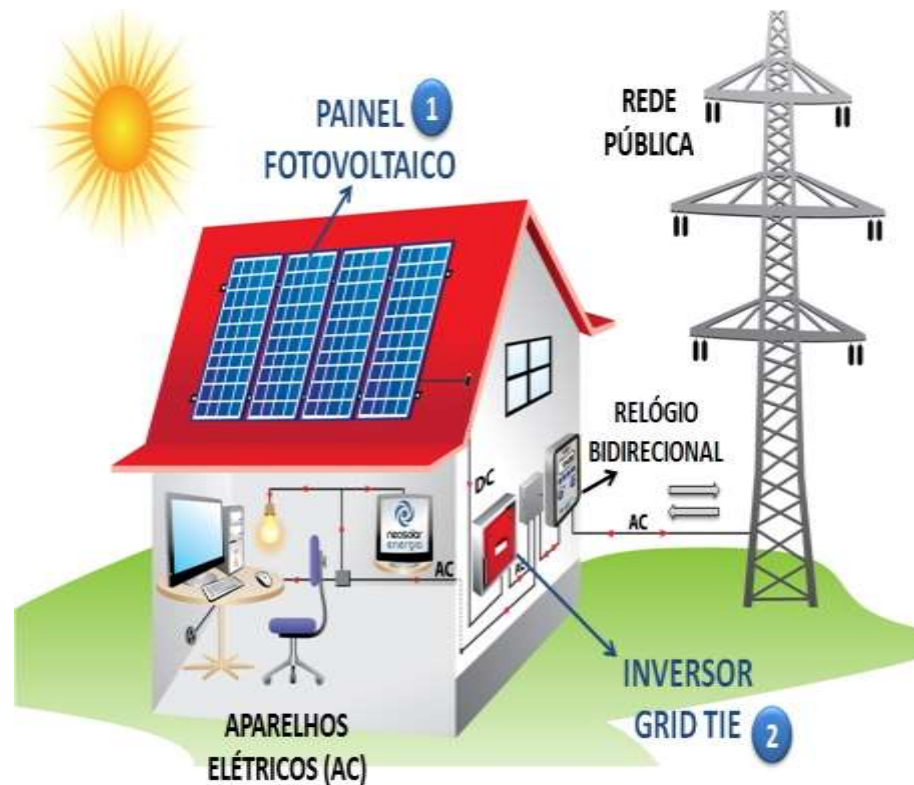


FIGURA 4 - Sistema Fotovoltaico conectado à rede elétrica
Fonte: Neosolar Energia (2016).

2.5.3 Sistemas Híbridos

Em sistemas híbridos os sistemas fotovoltaicos são aqueles usados para alimentar as cargas em conjunto com outros sistemas que fazem uso de fontes de energias renováveis, como por exemplo sistemas eólicos, ou sistemas convencionais como o gerador diesel. Neste modo de operação, os dispositivos necessários para os sistemas fotovoltaicos são aqueles já mencionados anteriormente, que são: bateria, controlador de carga e inversor. Na figura 5 é apresentado o esquema típico de um sistema híbrido (FREITAS, 2008).



FIGURA 5 - Exemplo de Sistema Híbrido
Fonte: Freitas (2008).

2.5.4 Sistemas de bombeamento d'água

Cunha (2006) expõe que, este sistema representa uma variação de um sistema isolado com uma característica específica, dispensando o armazenamento de energia, pelo fato da água ser armazenada em reservatórios, através de bombeamento.

Como mostra na figura 6, um típico sistema para bombeamento de água é composto basicamente de alguns equipamentos como arranjo fotovoltaico, controlador de carga, um banco de baterias, um inversor, e uma motobomba (SÁ, 2010).

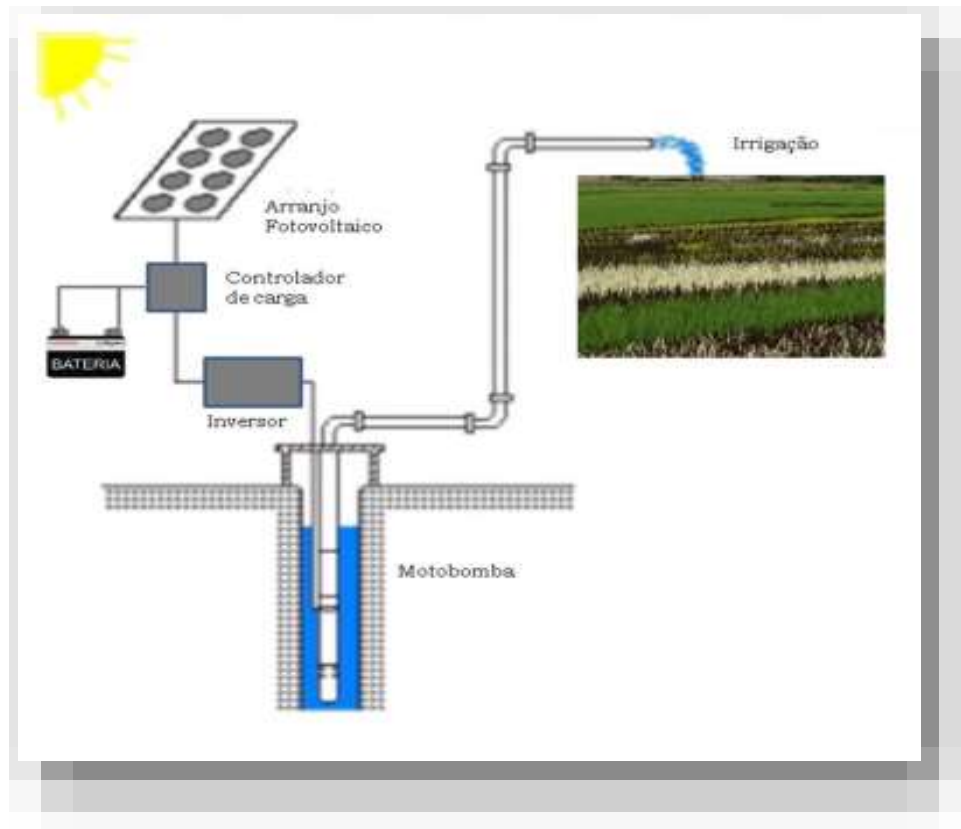


FIGURA 6 – Exemplo de configuração de Sistemas de Bombeamento Fotovoltaico
Fonte: Sá (2010).

2.6 A ELETRIFICAÇÃO RURAL BRASILEIRA E OS PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO

Para Trigo (2004), nos dias de hoje, é visível que a energia elétrica retrata uma componente de grande importância para a matriz energética de qualquer país. Desse modo, após o primeiro choque do petróleo, na década de 1970, aumentou-se o incentivo e o desenvolvimento de múltiplas tecnologias de geração elétrica, por meio do aproveitamento das chamadas energias renováveis (solar, eólica, maremotriz, hidráulica, biomassa, entre outras). O objetivo primordial é conseguir um meio de geração efetivo e que minimize a dependência das energias não-renováveis (petróleo, carvão, gás natural).

Com um grande potencial de favorecer as propriedades rurais, o Governo Federal já fez lançamentos de alguns projetos, como Luz no Campo e Luz para Todos que visam eletrificar milhares de habitações rurais (NOGUEIRA,2004). Esses programas são custeados com recursos públicos e apresentam as seguintes metas:

- Incrementar a eletrificação rural, sendo um dos fatores mais importantes para reduzir a migração do campo para os espaços urbanos, além de proporcionar inúmeros benefícios para a economia global;
- Estimular a intensificação das atividades rurais, integrando programas e ações que visem o desenvolvimento rural em suas respectivas áreas de atuação;
- Universalizar o fornecimento de energia.

Entre os vários projetos de eletrificação rural, um em especial, pode ser destacado. O Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM, foi criado em 1994, pelo Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético, do Ministério das Minas e Energia (MME), com a ideia central de atender às comunidades rurais que não disponibilizavam da rede convencional de distribuição de energia elétrica, por meio da utilização de sistemas descentralizados de geração a partir de fontes renováveis, levando o benefício às escolas, centros de saúde e outras instalações comunitárias. O decreto de criação do Programa pautava o alcance dos objetivos em quatro linhas de ação: Desenvolvimento Social; Desenvolvimento Econômico; Complementação da Oferta de Energia; Base Tecnológica e Industrial (ANDRADE, 2010).

De acordo com Galdino et al. (2009), é devido as grandes distâncias envolvidas, que o custo de extensão de linhas de distribuição de energia elétrica é bastante elevado nestes casos, o que torna economicamente inviável estender esses benefícios às comunidades mais afastadas, pois o consumo de energia esperado nestas habitações é muito baixo. Por consequência disto, o Programa prevê a eletrificação a partir de fontes renováveis disponíveis localmente.

Segundo Andrade (2010), dentro do projeto do PRODEEM foram incluídos a energia solar fotovoltaica, energia eólica, pequenas centrais hidrelétricas, combustíveis derivados de biomassa e biodigestores. Todavia, foi a tecnologia fotovoltaica que se destacou no projeto. Entre 1996 e 2002 foram instalados por volta de 5,2 MW em energia solar fotovoltaica em mais de 8.700 sistemas.

2.7 VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DA ENERGIA SOLAR EM ÁREAS RURAIS

Os custos relacionados à uma instalação de um sistema fotovoltaico depende do custo de produção de eletricidade cobrir os custos suplementares em relação ao sistema de atendimento convencional. Diante disso, levando em consideração propriedades rurais isoladas, pode se afirmar que os custos de produção de eletricidade, utilizando tal sistema, geralmente são comparados com aquilo que se gastaria numa possível expansão da rede elétrica convencional (CUNHA, 2006).

Conforme Moraes (2003), é visto que a rede elétrica nem sempre é a melhor saída para satisfazer as necessidades energéticas das populações rurais. O atendimento de áreas longínquas e de difícil acesso, com moradores de baixa renda familiar, através da extensão da rede elétrica convencional, apresentam várias limitações, como:

- Alta dispersão geográfica dos consumidores;
- Elevados investimentos necessários à implementação de redes de distribuição;
- Grandes extensões de redes de distribuição para o atendimento de cargas pequenas e dispersas;
- Elevados custos de operação e manutenção do sistema elétrico;
- Pouca atratividade para os investidores, em razão da baixa rentabilidade.

Na tabela 2, nota-se que os custos do sistema de eletrificação rural elétrica crescem conforme o aumento da distância da linha de distribuição e diminuem à medida que há um aumento do número de residências alcançadas pela rede elétrica.

TABELA 2 - Custo Domiciliar da Eletrificação Rural Convencional em função do número de residências a serem atendidas e da distância à rede elétrica

| Número de Domicílio | Distância (Km) | | | | | | |
|---------------------|----------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 2964,89 | 4644,69 | 7971,42 | 17951,59 | 27931,76 | 31258,48 | 34585,21 |
| 5 | 1619,71 | 2459,62 | 4644,69 | 9634,78 | 14624,87 | 16288,23 | 17951,59 |
| 10 | 647,92 | 815,91 | 1148,58 | 2459,62 | 3770,66 | 4207,68 | 4644,69 |
| 15 | 593,02 | 705,01 | 926,8 | 1731,26 | 2605,29 | 2896,63 | 3187,98 |
| 20 | 565,58 | 649,57 | 815,91 | 1367,08 | 2022,6 | 2241,11 | 2459,62 |
| 30 | 538,12 | 594,12 | 705,01 | 1037,69 | 1439,91 | 1585,59 | 1731,26 |
| 50 | 516,16 | 549,76 | 616,3 | 815,91 | 1617,19 | 1082,04 | 1148,58 |

*Valores em Dólar

Fonte: Adaptado de NAPER (2006 apud CUNHA, 2006, p.38).

Todavia, estes fatores acima mostrados como dificuldades podem ser explanados como benefícios, quando se trata do uso de fontes renováveis de energia. No Brasil, as fontes renováveis de energia são compostas por um espectro amplo de fontes primárias, dentre as quais destacam-se as diversas formas de biomassa, a energia hidráulica, a energia eólica e a energia solar. Estas fontes energéticas se apresentam como recursos naturais e abundantes para a geração elétrica, propícios para geração descentralizada com capacidades instaladas de pequeno e médio porte (MORAES, 2003).

Apesar do custo para a utilização de energia solar, quando se leva em questão áreas menos habitadas e isoladas dos centros urbanos, ser considerado ainda alto, pode-se afirmar que esse tipo de energia renovável torna-se economicamente viável quando confrontante com os altos valores de expansão da rede elétrica convencional para essas áreas.

De acordo com Silva (2014), os critérios básicos para o exato dimensionamento de um sistema fotovoltaico rural são:

- Quantidade de energia a ser produzida;
- Quantidade de energia a ser consumida;
- Autonomia do sistema em períodos prolongados sem insolação.

Num levantamento financeiro, os custos podem ser definidos de duas formas, podendo ser iniciais ou contínuos, e fixos ou variáveis. Os custos iniciais são os que se referem à compra inicial dos equipamentos que compõem a fonte energética, à preparação do local de instalação, às instalações necessárias, entre outros. Já os custos contínuos são os associados com a constância do funcionamento da unidade, como combustível, operação e manutenção, taxas. Sendo todos eles periódicos. Os custos fixos são aqueles que não sofrem variação em função da quantidade de energia produzida pela fonte, como por exemplo, aluguel de equipamentos, galpões e terrenos, que devem ser pagos independentemente da utilização ou não dos mesmos. Os custos variáveis são aqueles que variam em função da quantidade de energia produzida, temos como por exemplo, o combustível. É importante lembrar que tanto os custos iniciais como os custos contínuos podem ser fixos ou variáveis (NOGUEIRA, 2004).

Segundo Cunha (2006), no sistema de energia solar fotovoltaica, os custos se manterão constantes, pois o sistema é dimensionado para uso específico, não possuindo variáveis.

A Tabela 3 mostra a composição de custos de um sistema fotovoltaico autônomo para uma residência rural.

TABELA 3 – Composição de custos de um Sistema Fotovoltaico Autônomo para uma residência rural

| Componentes | Valor Unitário (US\$) | Nº de Unidades | Custo (US\$) |
|---|-----------------------|----------------|---------------|
| Módulo Solar (50Wp) | 400,00 | 1 | 400,00 |
| Controlador de Carga | 67,24 | 1 | 67,24 |
| Bateria 100 Ah/ 12V | 128,45 | 1 | 128,45 |
| Divisor de Tensão | 21,55 | 1 | 21,55 |
| Luminária completa (4xfluorescentes 20W/12V) | 17,24 | 4 | 68,96 |
| Parte elétrica (condutores, interruptores,...) | 43,10 | 1 | 43,10 |
| Poste, suporte e acessórios | 75,86 | 1 | 75,86 |
| Instalação (mão-de-obra) | 77,59 | 1 | 77,59 |
| Custo total | | | 882,75 |

- Valores em Dólar
Fonte: Adaptado de NAPER (2006 apud CUNHA, 2006, p.38).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade de implantação de Sistema de Energia Solar Fotovoltaica em uma habitação residencial na zona rural do município de Porto Nacional – TO.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Projetar Sistema de Energia Elétrica e orçar;
- Levantar distância entre a residência em estudo e rede elétrica convencional mais próxima;
- Projetar Sistema de Energia Solar Fotovoltaica e orçar;
- Comparar os projetos quanto ao custo.

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo se realizou numa habitação residencial situada numa chácara no município de Porto Nacional - Tocantins sobre as coordenadas UTM 10°42'18" S e 48°29'07"W, conforme a figura 7.

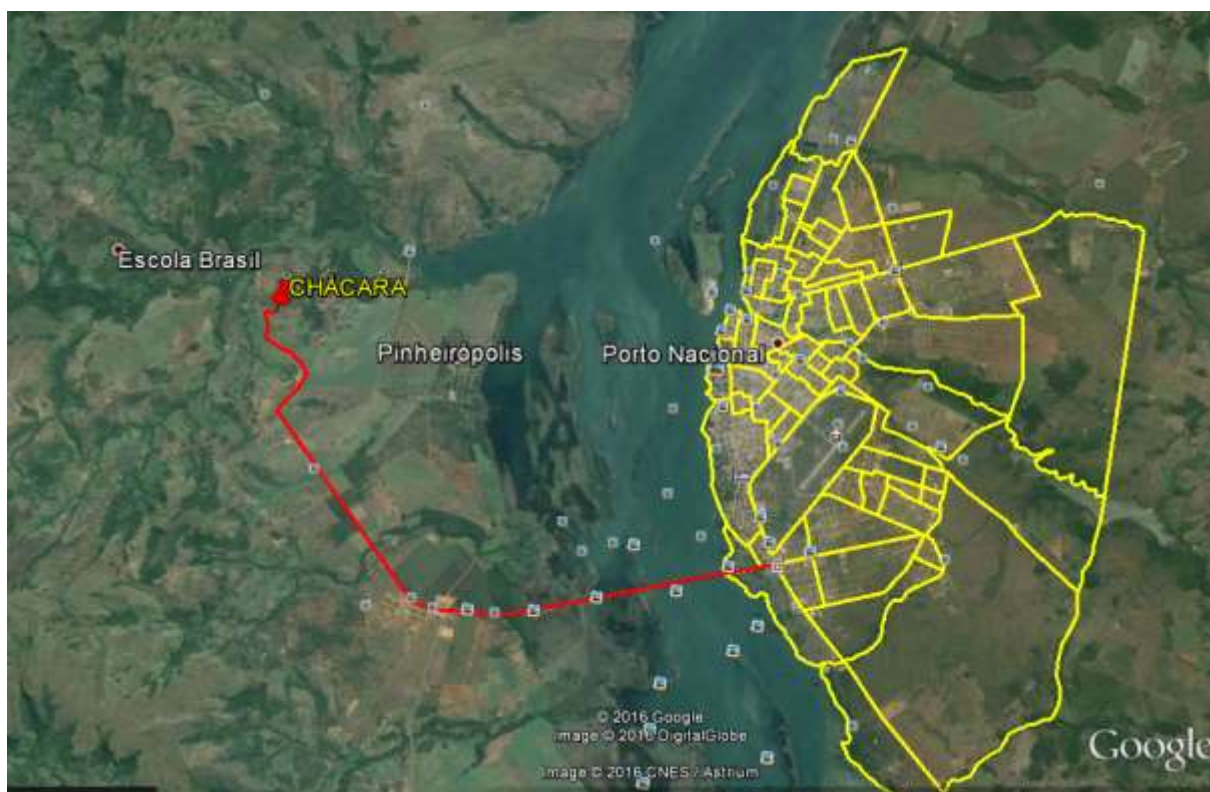


FIGURA 7 – Local de estudo, Satélite: SPOT 2,5 m, Base cartográfica: MI 1644, FUSO: 22, Datum: SIRGAS 2000, Data do projeto Janeiro/2015, Zona: 22 L; UTM 10°42'18" S e 48°29'07"W; Elevação: 221 m.

Fonte: Google Earth (2016).

4.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A coleta dos dados consistiu no recolhimento da planta baixa da residência onde haverá a eventual implantação dos dois tipos de sistemas. Além do levantamento da distância entre a rede elétrica mais próxima e a casa estudada, e os preços dos sistemas.

4.3 PROJETOS

4.3.1 Projeto elétrico

Neste projeto foram quantificados e determinados os tipos e localizados os pontos de utilização de energia elétrica; dimensionado, definido o tipo e o caminhamento dos condutores e condutos; dimensionado, definido o tipo e a localização dos dispositivos de proteção, de comando, de medição de energia elétrica e demais acessórios.

4.3.2 Projeto de Energia Solar Fotovoltaica

Prevendo o crescimento do consumo diário adotamos 30% para ampliações futuras. Foram considerados alguns fatores importantes que são necessários para um correto dimensionamento, como:

- Capacidade do banco de baterias

(1)

| Dimensionamento das baterias | |
|------------------------------|--|
| Capacidade em (Ah) = | $\frac{\text{Consumo total (Wh/dia)} \times \text{Autonomia (dias)}}{\text{Tensão da Bateria (V)} \times \text{Produtividade de descarga no final da autonomia (pu)}}$ |

(2)

| Dimensionamento das baterias | |
|------------------------------|--|
| Capacidade em (Ah) = | $\frac{\text{Consumo total (Wh/dia)} \times \text{Autonomia (dias)}}{\text{Tensão da Bateria (V)} \times \text{Produtividade descarga fim cada noite pu/dia}}$ |

Onde:

Consumo total (Wh/dia): levantamento de consumo de eletricidade.

Autonomia (dias): Prever um período sem insolação de 3 a 5 dias de acordo com o clima local e a confiabilidade desejada. Normalmente, em residências, trabalha-se com 3 dias.

Tensão da bateria: 12V (em sistemas muito grandes recomenda-se o uso de 24 V).

Profundidade da descarga no final da autonomia (pu) - 0,6 (descarga mais profunda significa vida útil menor para a bateria, e menos profunda um investimento inicial maior).

Profundidade da descarga no final de cada noite (pu/dia) – No máximo 0,20. Valores menores aumentam a vida útil da bateria: 0,15 (vida útil 43 da bateria 5 anos) a 0,20 (vida útil da bateria 4 anos).

Tensão da bateria utilizada, de 12V, da profundidade da descarga no final da autonomia (pu) - 0,6 e profundidade da descarga no final de cada noite (pu/dia) 0,20.

- Dimensionamento do gerador fotovoltaico

(3)

| Sistema modular 1 | |
|------------------------------|--|
| Potência mínima do gerador = | $\frac{\text{Consumo total (Wh/dia)}}{\text{Horas equivalentes de sol pleno (h/dia) x Fpp x Fps}}$ |

Onde:

Potência mínima do gerador (Wp): Potência mínima total do conjunto de módulos necessário para produzir a energia solicitada pela carga.

Consumo Total (Wh/dia): Valores da tabela de levantamento de consumo de eletricidade. Horas equivalentes de sol pleno (horas/dia)

Fpp-Fator de perda de potência: $12V / V_{mp} = 0,69$; deve-se ao fato da tensão da bateria (12V) ser inferior à tensão de máxima potência do módulo a ser utilizado.

Fps-Fator de perdas e segurança: Para levar em conta a redução da geração do módulo devido à tolerância na fabricação, temperatura de trabalho, poeira, degradação, sombras, desalinhamentos e também as perdas elétricas na bateria, no

controlador, na instalação além de incertezas sobre os dados utilizados e o consumo previsto. Valor típico: 0,8

- Cálculo da corrente do controlador de carga

$$\text{Corrente (A)} = \text{Potência final do gerador escolhido (Wp)} / \text{Tensão do controlador}$$

- Cálculo do inversor de potência

Para o dimensionamento do inversor de frequência, utiliza-se a potência total das cargas, e adiciona no mínimo 10%, então, tem-se a potência mínima que o inversor deve ter.

4.4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS ELÉTRICOS

Ao fazer todo o processo de escolha do local, coleta e análise de dados e elaboração dos projetos elétricos e de energia solar, foi realizado o levantamento de custos e a disponibilidade de materiais na região. A procura desses itens aconteceu em algumas lojas especializadas nas cidades de Porto Nacional, e na região circunvizinha à cidade como: Palmas e Paraíso. Levamos em consideração na nossa busca preços à vista. Em seguida foi feita uma relação com os dados obtidos, de custo e degradabilidade dos materiais nos dois sistemas testados. A análise de custos e degradabilidade somente foi possível após todo o projeto, e avaliou qual dos dois projetos ficaria mais viável técnico-economicamente para o proprietário da residência, principalmente em relação a gastos com equipamentos e instalação e durabilidade dos sistemas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A chácara se encontra há cerca de 400 m da rede de distribuição elétrica mais próxima, e é também a partir disso que foi feita a avaliação técnica e econômica para a viabilidade de implantação dos projetos.

A casa é composta por: 1 sala, 1 cozinha, 2 quartos, 2 banheiros, 1 despensa, 1 área de circulação, 1 área de serviço com garagem e 1 poço. Para complemento das informações citadas acima foi dimensionado um projeto elétrico de acordo com a NBR 5410, onde o mesmo está presente no apêndice 1.

Foi realizado o levantamento de cargas do objeto de estudo, segundo a NBR 5410. No Quadro 1 está especificado a área, o perímetro, além das cargas totais de iluminação e de tomadas de cada cômodo.

| Ambientes | Área (m ²) | Perímetro (m) | Carga iluminação (VA) | Carga de tomadas | |
|-------------------------|------------------------|---------------|-----------------------|------------------|---------|
| | | | | TUG (VA) | TUE (W) |
| Quarto 1 | 14,68 | 15,36 | 280 | 300 | - |
| Quarto 2 | 12,96 | 14,4 | 220 | 300 | - |
| Sala | 18,65 | 17,53 | 340 | 400 | - |
| Cozinha | 9,98 | 13,27 | 160 | 1900 | - |
| Área de serviço/garagem | 66,39 | 49,3 | 1060 | 3000 | - |
| Banheiro 1 | 3,9 | 8,2 | 100 | 600 | - |
| Banheiro 2 | 4,76 | 8,74 | 100 | 600 | - |
| Dispensa | 8,42 | 15,36 | 160 | 300 | - |
| Área de circulação | 1,5 | 4,95 | 100 | 100 | - |
| Poço | - | - | - | - | 700 |
| TOTAL | | | 2520 | 7500 | 700 |

QUADRO 1 – Levantamento de cargas, área e perímetro da residência estudada
Fonte: Elaboração própria

A soma das cargas de iluminação e tomadas totalizou 10720 watts. De acordo com a NBR 5410 o fator de potência é um coeficiente que deve ser levado em consideração no dimensionamento. Segundo a concessionária de energia elétrica local, a residência se enquadra no tipo monofásica, como mostra o Quadro 2.

| CARGAS | | Carga em VA | Fator de Potencia (FP) | Carga em Watts |
|---------------------|-----|-------------|------------------------|----------------|
| Carga de iluminação | | 2520 | 1 | 2520 |
| Carga de de tomadas | TUG | 7500 | 0,8 | 6000 |
| | TUE | 700 | 1 | 700 |
| Total | | | | 9220 |

QUADRO 2 – Carga total em watts da residência
Fonte: NBR 5410

5.1 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS COM PAINÉIS FOTOVOLTAICOS E SEUS CUSTOS

Os painéis fotovoltaicos podem apresentar uma inclinação de 11° e 14°, mas neste caso será usado a de 14°, devido a um maior aproveitamento energético como demonstra o Quadro 3.

| Mês | kWh/m ² .dia | |
|-----------|-------------------------|----------------|
| | Inclinação 11 ° | Inclinação 14° |
| Janeiro | 4,62 | 4,53 |
| Fevereiro | 4,31 | 4,26 |
| Março | 4,64 | 4,62 |
| Abril | 4,72 | 4,75 |
| Maiο | 5,25 | 5,34 |
| Junho | 5,71 | 5,85 |
| Julho | 6,18 | 6,32 |
| Agosto | 6,24 | 6,32 |
| Setembro | 5,26 | 5,26 |
| Outubro | 4,97 | 4,92 |
| Novembro | 4,95 | 4,86 |
| Dezembro | 4,69 | 4,59 |
| Média | 5,13 | 5,14 |

QUADRO 3 – Média anual de incidência solar em diferentes meses do ano
Fonte: CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito (2017)

A média anual de incidência solar do ângulo escolhido é de 5,14 kWh/m².dia nas coordenadas da chácara. Em relação à essa incidência vale ressaltar que de Junho até meados de Setembro os índices são bem consideráveis, contrastando com Janeiro a Abril que são meses bastante chuvosos e obviamente com menor incidência de raios solares, características bem marcantes de um clima tropical.

Segundo Bittencourt (2011), para o dimensionar os elementos do sistema fotovoltaico deve-se primeiramente fazer o levantamento de potência e consumo diário pretendido, como demonstra no Quadro 4.

| SISTEMA 1 | | | | |
|-------------------------|--|--------------|--------------|---------------------|
| Cômodos | Equipamentos | Potência (W) | Uso em horas | Consumo Ec (Wh/dia) |
| Quarto 1 | 1 lâmpada de led 10 W | 10 | 2 | 20 |
| Quarto 2 | 1 lâmpada de led 10 W | 10 | 2 | 20 |
| Sala | 1 lâmpada de 10 W 1 Televisão 200 w | 210 | 5 | 1050 |
| Cozinha | 1 lâmpada de led 10 W 1 Geladeira 150 w | 10 | 3 | 3630 |
| | | 150 | 24 | |
| Área de serviço/garagem | 6 lâmpada de led 10 W | 60 | 4 | 240 |
| Banheiro 1 | 1 lâmpada de led 10 W | 10 | 2 | 20 |
| Banheiro 2 | 1 lâmpada de led 10 W | 10 | 2 | 20 |
| Dispensa | 1 lâmpada de led 10 W | 10 | 1 | 10 |
| Área de circulação | 1 lâmpada de led 10 W | 10 | 1 | 10 |
| TOTAL | | | | 5020 |

Ec 5,02 kWh/dia e P= 490W

| | |
|---|----------------------------|
| MAJORAÇÃO DE 30% PARA FUTURAS INSTALAÇÕES | Ec 6,53 kWh/dia e P= 637 W |
|---|----------------------------|

QUADRO 4 – Potência total dos equipamentos da residência
Fonte: Elaboração própria

Encontramos o valor de 2720,83 Ah de capacidade das baterias, levando em conta as variáveis do sistema residencial, utilizando a fórmula 1.

Para o funcionamento da bateria durante a noite foi adotado a fórmula 2, onde encontramos o valor de 2720,83 Ah. Foi utilizado 13 baterias de 220 Ah totalizando 2860 Ah.

Já no dimensionamento do gerador fotovoltaico foi utilizada a expressão descrita na fórmula 3 e chegamos ao resultado de 1778,9 Wp.

A potência mínima do gerador encontrada foi de 1778,9 Wp, assim utilizamos 7 painéis de 265 Wp, totalizando 1855 Wp.

No cálculo da corrente do controlador de carga, usamos a fórmula 4. Para sistemas de 12 V, obteve-se uma corrente de 148,24 A. Foi escolhido 3 controladores de carga de 60 A para suprir a demanda solicitada.

No dimensionamento do inversor de frequência, temos a potência mínima que o inversor deve ter, totalizando 700,7 W. Para o caso estudado, foi levado em consideração a partida da geladeira, indicando usar um inversor de 1000 W.

Depois de todos os equipamentos calculados, foi feito o levantamento de custo dos equipamentos a serem utilizados na implantação deste projeto. Quando se trata de um sistema fotovoltaico, devemos evitar ao máximo o uso de equipamentos com alta potência, evitando o uso de grandes sistemas. Mediante a isso, adotamos um conjunto de uma bomba submersa solar e um placa para alimenta-la, em que a bomba submersa possui baixa potência e alta vazão. O Quadro 5 demonstra o levantamento de custos.

| EQUIPAMENTOS | QUANTIDADE | PREÇO UNITARIO (R\$) | PREÇO TOTAL (R\$) |
|---|------------|----------------------|-------------------|
| Placa Fotovoltaica - 265 Wp - Canadian CSI CS6P-265P - BR | 7 | 739,00 | 5173,00 |
| Controlador de Carga MPPT Epsolar Tracer-2210A 20A 12/24V | 1 | 570,00 | 570,00 |
| Inversor Xantrex Xpower1000 (1000W / 120Vac / 60Hz) | 1 | 890,00 | 890,00 |
| Bateria Estacionária Moura Clean 12MF220 (220Ah) | 13 | 1099,00 | 14287,00 |
| Bomba Solar Anauger P100 - Poço - Até 8.600 L/dia | 1 | 1649,00 | 1649,00 |
| Painel Solar Fotovoltaico 150Wp - Yingli Solar YL150P-17b | 1 | 415,00 | 415,00 |
| TOTAL | | | 22984,00 |

QUADRO 5 – Custo de equipamentos que serão implantados no projeto
Fonte: Elaboração própria

Finalizando a parte de levantamento de custos e cargas necessárias ao sistema, é importante salientar também o trabalho de implantação dos equipamentos feito por alguns profissionais da área. Serão necessários os serviços de mão de obra de um técnico especializado em sistema fotovoltaico, cobrando um valor de R\$ 3500,00, um eletricista, que necessitará de dois dias para finalizar o trabalho, cobrando um valor de R\$ 120,00 ao dia. Também de um auxiliar de eletricista nos

mesmos dois dias, num valor diário de R\$ 60,00. O custo do projeto será no valor de R\$ 500,00. Além desses gastos principais, outros como o combustível para o transporte dos profissionais podem chegar a R\$ 50,00. Deve-se considerar o frete do distribuidor em Palmas até o local da instalação no valor de R\$ 175,00.

O custo final da obra relativo à implantação deste sistema ficou em R\$ 33646,00.

5.2 CUSTOS DE UMA RDR DE 13,8 KV

Será utilizada uma rede de distribuição de 13,8kV (MRT - Monofilar com retorno por terra). Foi considerado vão entre postes de 130m, totalizando 4 postes para se conseguir os 400 m.

| DESCRIÇÃO DOS MATERIAS | UNID | QUANT. | PREÇO UNITÁRIO (R\$) | PREÇO TOTAL (R\$) |
|---|------|--------|----------------------|-------------------|
| Poste duplo T 11/600 | UNID | 1 | 880,00 | 880,00 |
| Poste duplo T 10/150 | UNID | 2 | 550,00 | 1100,00 |
| Poste duplo T 10/300 | UNID | 1 | 750,00 | 750,00 |
| Chaves fusíveis base C 100A 13.8 kV | UNID | 2 | 442,00 | 884,00 |
| Grampos de linha viva cabo 2 | UNID | 2 | 29,00 | 58,00 |
| Luvas de estribo cabo 2 | UNID | 2 | 29,00 | 58,00 |
| Isolador pilar porcelana 15 kV | UNID | 3 | 82,00 | 246,00 |
| Pinos autotravantes M16/250 | UNID | 3 | 12,00 | 36,00 |
| Laços de topo 15kV | UNID | 3 | 8,00 | 24,00 |
| Isolador de suspensão polimérico 15kV | UNID | 3 | 81,00 | 243,00 |
| Ganchos olhau | UNID | 3 | 13,00 | 39,00 |
| Olhau para parafusos | UNID | 3 | 13,00 | 39,00 |
| Manilha sapatilha | UNID | 3 | 13,00 | 39,00 |
| Alças pré-formada cabo 2 | UNID | 3 | 8,00 | 24,00 |
| Cabo alumínio 2 CAA | kg | 55 | 25,00 | 1375,00 |
| Transformador monofásico 220/440 V 15kVA 13,8 V | UNID | 1 | 3350,00 | 3350,00 |
| Para-raio polimérico 15kV | UNID | 1 | 286,00 | 286,00 |
| Suporte chave/ para-raio tipo T 13,8 kV | UNID | 2 | 75,00 | 150,00 |
| Haste de aterramento 5/8 x 2,40 m | UNID | 30 | 29,00 | 870,00 |
| Conector reforçado para haste de aterramento | UNID | 30 | 7,30 | 219,00 |
| Cordoalha de aço 5/16 | M | 100 | 4,67 | 467,00 |
| Parafuso M16x 2x200 | UNID | 12 | 4,00 | 48,00 |
| Parafuso M16x 2x250 | UNID | 16 | 7,30 | 116,80 |
| Ruela quadrada 50 x 3 x 18 mm | UNID | 53 | 1,60 | 84,80 |
| TOTAL | | | | 11386,6 |

QUADRO 6 – Descrição dos materiais a serem utilizados
Fonte: Elaboração própria

Alguns materiais utilizados foram encontrados apenas nas cidades de Palmas e Paraíso, é o caso dos postes e transformador. O valor total do frete desses itens ficou em R\$1250,00. Já o projeto da RDR teve o seu valor em R\$1500,00.

Além dos equipamentos, para a implantação do sistema há a necessidade dos seguintes serviços: deslocamentos dos materiais, cava dos postes, implantação dos postes, lançamento dos cabos, instalação do transformador e também da malha de aterramento. Não esquecendo dos serviços do eletricitista, do ajudante de eletricitista, e o motorista do caminhão “muck”. Todos esses serviços, segundo nosso levantamento juntamente com os profissionais chegaram a quantia de R\$4500,00.

O custo final da obra relativo à implantação deste sistema ficou em R\$ 18636,60.

5.3 ANALISE COMPARATIVA ENTRE OS DOIS SISTEMAS

Com o estudo técnico e financeiro feito das duas tecnologias analisadas, constata-se que para implantar uma rede rural monofásica é necessário que se leve em conta vários fatores, pois o investimento, dependendo da distância se onera, tornando inviável a sua implantação em comparação ao sistema fotovoltaico.

O sistema fotovoltaico estudado teve um investimento inicial estimado em R\$ 33646,00. Se fosse para analisar somente os investimentos em capital, o sistema de RDR seria muito mais vantajoso, pois teria que se aplicar apenas 55,39% do que se aplicaria na implantação do sistema fotovoltaico. Porém, deve-se levar em conta outros aspectos como ordenamos.

Desvantagens do sistema fotovoltaico em comparação a RDR:

- Troca de baterias a cada quatro anos;
- Para se aumentar a carga tem que se aumentar o sistema fotovoltaico, aumentando seu custo;
- Manutenção constante (Limpeza dos equipamentos);
- Tecnologia nova (difícil acesso de mão-de- obra especializada);
- Implantação de uma cultura de racionalidade de energia para pessoas com baixo grau de instrução (para evitar, de se consumir mais do que o sistema aguenta);

- Impossibilidade de usar a rede como tomada de corrente para outros consumidores.

As vantagens são:

- Impacto ambiental quase nulo (baterias têm que ter tratamento diferenciado para diminuir o impacto);
- Rápida implantação (tempo de obra menor).

O sistema fotovoltaico para comunidades isoladas já está competitivo em termos econômicos em comparação a rede elétrica convencional. Porém, é necessário fazer uma análise de custo benefício para se implantar ele, por exemplo, se a propriedade que será atendida ficar a 400 m de distância da RDR, não compensa implantar o sistema fotovoltaico, pois o custo da rede é menor. Se for implantar um sistema fotovoltaico em uma localidade distante que tem um potencial de crescimento de carga muito elevado também não compensa, pois a cada acréscimo de carga aumenta o investimento no sistema fotovoltaico e pode haver outros consumidores que podem ser ligados nesta rede.

6 CONCLUSÃO

Para realizar uma análise técnica e financeira entre as duas tecnologias, é necessário levar em consideração algumas variáveis que onera o custo de uma RDR. Após estudo realizado é constatado que o sistema monofásico RDR se sobressaiu nos quesitos técnico e financeiro. A distância entre a rede mais próxima se tornou mais viável no valor de R\$ 18636,60, deixando o sistema fotovoltaico oneroso.

Devemos levar em consideração também, a pretensão de futuras ampliações, onde o sistema fotovoltaico “off-grid” é limitado a ampliações devido o sistema de baterias. O investimento inicial do sistema fotovoltaico “off-grid”, foi de R\$ 33646,00, sendo 80,5% mais oneroso. Deve-se levar em consideração ao sistema fotovoltaico a vida útil de 4 anos das baterias e a limpeza dos equipamentos, assim se tornando um sistema inviável para o objeto de estudo.

REFERÊNCIAS

ALTERNATIVAS, Solarterra Energias. **Energia Solar Fotovoltaica–Guia Prático**. Disponível em: <http://www.solarterra.com.br> - Acesso em 24 de abr. 2016.

ANDRADE, C. S. **Energia Elétrica e as populações tradicionais do Estado do Amazonas: Aprendizados a partir da experiência na Comunidade do Roque na Reserva Extrativista do Médio Juruá**. 2010. 237f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ÉLETRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf - Acesso em 13 de abr.2016.

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ÉLETRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 2º ed**. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf) - Acesso em 14 de abr. 2016.

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ÉLETRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 2º ed**. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-Energia_Eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-Energia_Eolica(3).pdf) - Acesso em 16 de abr. 2016.

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ÉLETRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3º ed**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf> - Acesso em 16 de abr. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**. Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004. 209 p.

BITTENCOURT, F.T. **Estudo comparativo do aproveitamento da energia solar fotovoltaica em relação à rede de distribuição na eletrificação rural do estado de Tocantins**.2011. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2011.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&> - Acesso em 12 de abr. 2017.

CUNHA, L. P. **Eletrificação de edificações rurais isoladas utilizando Energia Solar Fotovoltaica**. 2006. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2006.

DE LEVA, F.F et al. **Modelo de um projeto de um sistema fotovoltaico**. 2004. Acesso em 20 de maio 2016.

DIGITAL GLOBE. Google Earth. Disponível em: <https://earth.google.com>. Acesso em 18 de abr. 2016.

FREITAS, S.S.A. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. 2008. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Instituto Politécnico Bragança, Bragança – Portugal. 2008

GALDINO, Marco A.E. et al. O contexto das energias renováveis no Brasil. **Revista da DIRENG–Diretoria de Engenharia Aeronáutica**, 2009.

GTES – GRUPO DE TRABALHO DE ENERGIA SOLAR. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2004. 53p.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Disponível em: www.iea.org – Acesso em 10 de abr. 2016

MORAES, E.L. **Energia Solar na eletrificação de escolas rurais**. 2003. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2003.

NAGAHARA, F.T **Aplicação da Energia Solar em domicílios distantes da rede elétrica**. 2009. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2009.

NAPER - NÚCLEO DE APOIO A PROJETOS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. Disponível em: <http://www.ufpe.br/naper/analise.doc>. Acesso em 9 de abr. 2016.

NOGUEIRA, C.E.C. **Dimensionamento de sistemas integrados de energia em ambientes rurais**. 2004. 144f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.

NEOSOLAR ENERGIA. Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes> - Acesso em 08 de Jun. 2016.

PACHECO, F. **Energias Renováveis: breves conceitos**. Disponível em: http://ieham.org/html/docs/Conceitos_Energias_renovaveis.pdf. Acesso em 8 de abr. 2016.

PRIEB, C.W.M. **Desenvolvimento de um sistema de ensaio de módulos fotovoltaicos**. 2002. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002.

ROSA, C.A; TIAGO FILHO, G.L. **Série Energias Renováveis Solar**. Disponível em: <http://cerpch.unifei.edu.br/wp-content/uploads/cartilhas/cartilhas-energiasrenovaveis-solar.pdf> - Acesso em 22 de abr.2016.

ROSEMBACK, R. H. **Conversor CC-CC Bidirecional Buck-Boost Atuando como Controlador de Carga de Baterias em um Sistema Fotovoltaico**.139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.2004.

SÁ, D.A.P. **Sistemas Fotovoltaicos para bombeamento**. 2010. 65p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2010.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M.A.G.; CAMARGO, I.M.T. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 5., 2006, Brasília. Anais... Brasília, 2006.

SILVA, J.J.B. **Análise técnica e econômica de um sistema fotovoltaico como fonte de energia para a agricultura familiar**. 2014. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2014.

TRIGOSO, F.B.M. **Demanda de Energia Elétrica e desenvolvimento socioeconômico: o caso das comunidades rurais eletrificadas com sistemas fotovoltaicos**. 2004. 336f. Tese (Doutorado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

ANEXOS



1 – Fachada frontal da residência



2- Fachada lateral direita da residência



3 – Fachada lateral esquerda da residência



4- Fundos da residência



5- Poço de água

APÊNDICE

Memorial de cálculo do projeto elétrico

| ILUMINAÇÃO | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|--|--------------|
| AMBIENTE | Área (m ²) | Carga iluminação (VA) | Numero do circuito | Corrente do circuito (A) | Corrente de projeto (A) | Seção Condutor por capacidade de condução (mm ²) | Dijuntor (A) |
| Quarto 1 | 14,68 | 280 | CIR-1 | 3,18 | 3,98 | 1,5 | 10 |
| Quarto 2 | 12,96 | 220 | | | | | |
| Banheiro 1 | 3,9 | 100 | | | | | |
| Área de circulação | 1,5 | 100 | | | | | |
| Banheiro 2 | 4,76 | 100 | CIR-2 | 3,45 | 4,32 | 1,5 | 10 |
| Sala | 18,65 | 340 | | | | | |
| Cozinha | 9,98 | 160 | | | | | |
| Dispensa | 8,42 | 160 | | | | | |
| Área de serviço/garagem | 66,39 | 1060 | CIR-3 | 4,82 | 6,02 | 1,5 | 10 |
| Poço | - | - | - | - | - | - | - |

| TOMADAS | | | | | | | |
|-------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|--|--------------|
| AMBIENTE | Perimetro (m) | Carga iluminação (VA) | Numero do circuito | Corrente do circuito (A) | Corrente de projeto (A) | Seção Condutor por capacidade de condução (mm ²) | Dijuntor (A) |
| Quarto 1 | 15,36 | 300 | CIR-4 | 5,9 | 7,38 | 1,5 | 10 |
| Quarto 2 | 14,4 | 300 | | | | | |
| Banheiro 1 | 17,53 | 600 | | | | | |
| Área de circulação | 13,27 | 100 | | | | | |
| Banheiro 2 | 49,3 | 600 | CIR-5 | 14,54 | 18,08 | 2,5 | 20 |
| Sala | 8,2 | 400 | | | | | |
| Cozinha | 8,74 | 1900 | | | | | |
| Dispensa | 15,36 | 300 | | | | | |
| Área de serviço/garagem | 4,95 | 3000 | CIR-6 | 13,63 | 17,04 | 2,5 | 20 |
| Poço | - | 700 | CIR-7 | 3,18 | 3,18 | 1,5 | 10 |

| SEGUNDO A NBR 5410 | | Carga em VA | Fator de Potencia (FP) | Carga em Watts |
|---------------------|-----|-------------|------------------------|----------------|
| Carga de iluminação | | 2520 | 1 | 2520 |
| Carga de de tomadas | TUG | 7500 | 0,8 | 7500 |
| | TUE | 700 | 1 | 700 |
| Total | | | | 10720 |

| | |
|--|-----|
| Circuito Iluminação 1 = Quarto1, Quarto2, Banheiro 1, área de circulação | VA |
| | 700 |

| | |
|--|-----|
| Circuito Iluminação 2: Cozinha, Dispensa, Sala, Banheiro 2 | VA |
| | 760 |

| | |
|---|------|
| Circuito Iluminação 3: Área de serviço/ Garegem | VA |
| | 1060 |

| Circuito de TUG | | |
|---|---|------|
| Segundo o livro Instalações eletricas de Helder Creder Residencias: 1 circuito para 60m ² ou fração. | | VA |
| Circuito 4 | Quarto 1, Quarto 2, Área de circ., Banheiro 1 | 1300 |
| Circuito 5 | Cozinha, Dispensa,Sala, Banheiro 2 | 3200 |
| Circuito 6 | Área de serviço/ Garagem | 3000 |

| Circuito de TUE | | W |
|-----------------|-------------------|-----|
| Circuito 7 | Bomba d'agua poço | 700 |

| Circuito de distribuição Geral | | |
|---|--------|-------------|
| Potência Total (W) | FD (%) | Total (W) |
| Potência de Iluminação + Potencia de TUG = 2520 +7500 = 10020 W | 30 | 3006 |
| Potência de TUE = 700 W | 100 | 700 |
| Total | | 3706 |

| | |
|----------------|------|
| FP residencial | 0,95 |
|----------------|------|

| Potência Aparente | |
|--------------------|----------------|
| Potência Total (W) | 3706 |
| FP | 0,95 |
| Total (KVA) | 3901,05 |

$$S(\text{Total}) = P(\text{Total}) / \text{FP}$$

| Corrente (A) | |
|-------------------------|--------------|
| Tensão (V) | 220 |
| Potencia Aparente (KVA) | 3901,05 |
| Total | 17,73 |

$$S = V \times I$$

Dijuntor de 25A