



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ - UFOPA
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS – IEG
PROGRAMA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - PCT

**SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO ISOLADO INSTALADO
NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM: DIAGNÓSTICO DAS PRINCIPAIS
PROBLE MÁTICAS DE FUNCIONAMENTO.**

WELLERSON MARQUES DOS SANTOS

SANTARÉM – PA
2017

WELLERSON MARQUES DOS SANTOS

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO ISOLADO INSTALADO NO
MUNICÍPIO DE SANTARÉM: DIAGNÓSTICO DAS PRINCIPAIS
PROBLEMÁTICAS DE FUNCIONAMENTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de
Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Oeste do Pará
– Campus de Santarém, para obtenção do grau de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador (a): Prof^o. Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos

SANTARÉM – PA
2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIGI/UFOPA

S237s Santos, Wellerson Marques dos
Sistema de energia solar fotovoltaico isolado instalado no município de Santarém: diagnóstico das principais problemáticas de funcionamento. / Wellerson Marques dos Santos. – Santarém, 2017.
56 fls.: il.
Inclui bibliografias.

Orientador Manuel Roberval
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências, Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

1. Sistemas fotovoltaicos. 2. Comunidades rurais - Pará. 3. Energia solar.
I. Roberval, Manuel, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 621.47098115

Bibliotecário - Documentalista: Renata Ferreira – CRB/2 1440

DEDICATÓRIA

À minha mãe (in memoriam), por ter me dado a vida, por ter me apoiado, incentivado em todo momento enquanto esteve presente ao meu lado.

À minha família que torce sempre por mim para que eu alcance meus objetivos.

A todos que contribuíram de forma, direta ou indireta, para que esta pesquisa pudesse concluída.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pelo dom da vida, por ter me iluminado neste caminho e pela oportunidade de estar alcançando mais uma etapa em minha vida.

À minha família, por todos os incentivos, por ter entendido minha ansiedade nos últimos dias e por todo apoio durante a execução deste trabalho.

Ao meu professor e orientador, por todo o acompanhamento e conhecimento repassado nestes meses de pesquisa para este trabalho.

À minha namorada, Gabriele Lopes, por toda força, paciência e incentivo nestes últimos meses.

Aos meus amigos, que tiveram ao meu lado dando assistência, por entenderem minha ausência durante alguns encontros.

À minha parceira e colega de curso, Fabiane Almeida, por ter me acompanhado e auxiliado na realização da pesquisa em campo.

Ao meu amigo, Henrique Tenório, por ter sido meu anjo da guarda ao realizar manutenções, salvando meu trabalho, quando mais precisei.

Às pessoas, das comunidades, que me receberam em suas residências, me acolhendo e dando todo suporte necessário para que eu pudesse executar minhas atividades.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
3. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	13
3.1 Histórico.....	13
3.2 Sistemas Fotovoltaicos Isolados.....	14
3.2.1 Componentes básicos.....	15
3.2.1.1 Módulo Fotovoltaico.....	15
3.2.1.2 Baterias.....	17
3.2.1.3 Inversor.....	17
3.2.1.4 Controlador de carga.....	18
3.2.2 Cabos Elétricos.....	18
3.2.3 Manutenção e Operação.....	19
3.2.4 Fatores Externos.....	20
3.2.4.1 Sombreamento.....	20
3.2.4.2 Influência da temperatura ambiente e radiação solar.....	20
4. METODOLOGIA.....	21
4.1 Tipo de pesquisa.....	21
4.2 Legislação de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil	21
4.3 Caracterização da área de estudo.....	23
4.3.1 Irradiação solar no município de Santarém.....	25
4.4 Procedimentos metodológicos.....	26
4.4.1 Embasamento teórico.....	26
4.4.2 Levantamento de sistemas instalados.....	26
4.4.3 Questionário.....	27
4.4.4 Objeto de estudo.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
5.1 Comunidades do Rio Arapiuns.....	29
5.2 Comunidades do Rio Amazonas.....	38
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de um sistema fotovoltaico isolado.....	15
Figura 2. Conjunto de módulos fotovoltaicos.....	16
Figura 3. Vista aérea da comunidade Anã no Rio Arapiuns.....	23
Figura 4. Estrutura de instalação dos painéis fotovoltaicos.....	30
Figura 5. Cabeamento dos módulos fotovoltaicos instalados.....	32
Figura 6. Ambiente de instalação dos componentes do sistema.....	33
Figura 7. Cabeamentos expostos.....	34
Figura 8. Disjuntores do sistema fotovoltaico.....	35
Figura 9. Medida de tensão no banco de baterias em funcionamento.....	36
Figura 10. Medida de tensão em baterias fora de operação.....	37
Figura 11. Sistema de telecomunicação fotovoltaico sem manutenção.....	38
Figura 12. Estrutura de instalação dos módulos sobre o centro de saúde do Tapará Grande...39	
Figura 13. Estrutura física de acondicionamento dos equipamentos.....	40
Figura 14. Estrutura física de instalação dos cabeamentos.....	40
Figura 15. Banco de Baterias do sistema do centro de saúde.....	41
Figura 16. Circuitos do sistema através de disjuntores.....	42
Figura 17. Estrutura de instalação do painel da escola São Jorge.....	43
Figura 18. Condições de instalação dos equipamentos do sistema da escola.....	44
Figura 19. Fios elétricos expostos sobre a bateria.....	44
Figura 20. Residência utilizando sistema de energia solar.....	45
Figura 21. Residência utilizando sistema de energia solar.....	46
Figura 22. Residência utilizando sistema de energia solar.....	46
Figura 23. Estrutura de instalação do painel solar em sistemas domiciliares.....	47
Figura 24. Condições de armazenamento de baterias em uma residência visitada.....	48

SIGLAS E SÍMBOLOS

A – Ampère

Ah – Ampère/hora

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

° C – Grau Celsius

Hz – Hertz

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

Imp – Corrente Máxima de Pico

km² - Quilômetros quadrados

kWh/m² – Quilowatt-hora por metro quadrado

MIGDI - Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica

ONU – Organizações das Nações Unidas

PRODEEM - Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios

RESEX – Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns

SIGFI - Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente.

UFOPA – Universidade Federal do Oeste do Pará

UV – Ultravioleta

V – Volts

Vmp – Tensão Máxima de Pico

W – Watt

Wp – Watt-pico

W/m² – Watt por metro quadrado

RESUMO

O Brasil com suas próprias características naturais climáticas propicia o incentivo ao estudo e utilização das fontes de energias renováveis como alternativa de energia elétrica a muitas regiões, onde basicamente ainda é ausente. Na região amazônica, por exemplo, é comum encontrarmos comunidades isoladas que, mesmo ao crescente investimento em energia elétrica, ainda vivem em condições peculiares e muitas vezes tradicionais com a utilização da luz de velas, lamparinas (pilhas ou querosene), porém não suprem e não possibilitam aos moradores utilizarem de lâmpadas, aparelhos eletrônicos ou eletrodomésticos em suas residências. Para suprir tal ausência, incentivados por organizações não governamentais e a pela prefeitura de Santarém, sistemas fotovoltaicos foram instalados com a finalidade de estreitar a distância destas pessoas ao uso de energia elétrica como ocorre nas demais cidades do país. Assim, este trabalho teve como objetivo diagnosticar as principais problemáticas de funcionamento dos sistemas fotovoltaicos instalados na área rural do município de Santarém, usando como base de estudo alguns microssistemas instalados em comunidades ribeirinhas, localizadas às margens dos Rios Amazonas e Arapiuns, como Tapará Grande, Santana do Tapará e Anã. Estes casos estudados foram encontrados operando em condições mínimas de funcionamento e, em funcionamento, mas com equipamentos operando parcialmente. Sistemas com falhas totais não foram encontrados nesta pesquisa. As problemáticas encontradas nestes dois casos possibilitaram o diagnóstico, quanto às falhas físicas, técnicas e humanas de alguns dos sistemas instalados em três das comunidades que compõem a região rural do município.

Palavras – chave: Sistemas fotovoltaicos, comunidades rurais, energia solar.

1 INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial o mundo vive em constante transformação e durante anos utilizavam – se fontes de energias poluentes que desprezavam aspectos ambientais, pois um dos benefícios com estes investimentos estava o custo menor através das formas tradicionais de geração de energia. No entanto, é ousado dizer que as necessidades energéticas aumentam a cada dia e é possível pensar, nos dias atuais, em fontes mais limpas e inesgotáveis, ou seja, renováveis, para suprir a demanda desde grandes indústrias até aos moradores mais afastados dos grandes centros das cidades.

De forma a encontrar uma alternativa a este processo de mudança, existe grande interesse pelas energias renováveis, que são fontes de energia limpas e inesgotáveis. Uma das fontes de energias renováveis que mais tem vindo a aumentar é a energia solar, em especial a energia solar fotovoltaica (CORTEZ, 2013).

De acordo com Gore (2010), a civilização humana e o ecossistema terrestre estão entrando em choque, e a crise climática é a manifestação mais proeminente, destrutiva e ameaçadora desse embate. A base para um desenvolvimento sustentável formada pelo abastecimento da demanda de forma eficiente e a não agressão ao meio ambiente torna necessária estas fontes de energia renováveis, uma vez que é notória a importância das políticas energéticas sobre a sociedade e o meio em que vivem. O aproveitamento deste tipo de energia, obtida através da transformação direta dos recursos naturais em eletricidade, tem sido uma importante saída na atual situação mundial.

Segundo Neto (2010), o Brasil se destaca no cenário mundial por ter sua matriz de energia elétrica composta majoritariamente por fontes renováveis, com destaque para as usinas e centrais hidrelétricas, que satisfazem mais de 80% da demanda elétrica nacional. Com isso, o clima tropical do Brasil, em maior parte de seu território, viabiliza a utilização da energia solar para a geração de energia elétrica, através de painéis fotovoltaicos. De acordo com Silva (2015), a radiação solar pode ser: (i) usada como fonte de energia térmica, para aquecimento de ambientes e de fluidos e para geração de potência mecânica ou elétrica; e (ii)

convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeito sobre materiais, dentre os quais o termelétrico e fotovoltaico.

A energia solar fotovoltaica possui a sua maior utilização no Brasil através de sistemas isolados ou autônomos tendo a sua aplicação em bombeamento de água, centrais remotas de telecomunicações, eletrificação de propriedades rurais e sistemas de sinalização (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

Entretanto, devido ao alto custo que apresentam para o funcionamento desses sistemas, a captação de energia solar ainda não é muito realizada. Quando se trata de pequenas comunidades isoladas, onde muitas vezes ainda sequer tenham utilizado qualquer fonte de energia em suas residências, este cenário ainda é mais preocupante, visto a relação sócio/econômico em que a maioria vive.

O Brasil ainda tem um elevado número de comunidades sem acesso à luz elétrica. Elas estão localizadas em lugares distantes dos grandes centros urbanos e é por essa razão que os sistemas fotovoltaicos empregados são, na maioria das vezes, sistemas fotovoltaicos autônomos de potência reduzida principalmente à iluminação, refrigeração e bombeamento de água (SEGUEL, 2009).

O acesso a fontes de energia tem sido visto, cada vez mais, como fundamental para uma existência digna. Al-Nasser, Ex-Presidente da Assembleia Geral da ONU, afirmou em entrevista que quanto mais energia disponível para as comunidades, maior o impacto sobre a segurança alimentar, saúde, educação, transportes, comunicações, água e saneamento (ONU BRASIL, 2012). Assim, a energia elétrica é vista como fundamental para suprir algumas das necessidades humanas além de proporcionar o desenvolvimento de uma região.

As despesas com o uso de sistemas fotovoltaicos ainda são considerados grandes quando comparadas à utilização de outras tecnologias. Portanto, se faz necessário o apoio governamental para estimular indústrias a investirem nos equipamentos e a sociedade e ou/e empresas ao seu uso, como alternativa de se obter energia. Mas, mesmo sendo incentivados a explorar este recurso energético “gratuito” deve-se lembrar de que a inspeção periódica nestes sistemas é de fundamental importância a fim de garantir maior vida útil dos equipamentos, bem como da instalação em geral para um bom aproveitamento durante o funcionamento, pois muitos dos que investem nesta tecnologia não têm o conhecimento, por meio de treinamentos, que os ajudarão quando, eventualmente, venha a ocorrer uma falha no sistema ou em qualquer componente – painel solar, bateria, inversor, controlador de carga – gerando como

consequência muitos sistemas parados ou funcionamento ineficiente, ou seja, são gastos adicionais com peças de reposição.

Macagnan & Copetti (2007) colocam que muitos sistemas apresentam falhas, ou deixam de funcionar, em grande parte por falha nas baterias, que não alcançam o tempo de vida estimado. Este tipo de ocorrência implica diretamente na eficiência de geração máxima de energia e ocasiona a interrupção de fornecimento de eletricidade durante períodos noturnos ou chuvosos.

Loschi (2015), classifica as problemáticas encontradas em sistemas de captação de energia solar em: falhas totais no sistema, falhas parciais dos componentes (uns em funcionamento e outros não) ou falhas na falta de energia mesmo com o sistema em pleno funcionamento. São problemáticas causadas, em alguns casos, pelo homem (falta de informação quanto ao consumo) e outros, de natureza técnica sendo consequência da má instalação destes sistemas.

Na realidade local, utilizando como objeto de pesquisa para a conclusão deste trabalho e seguindo o que é proposto pelo Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Física que estabelece o “curso proporcionará uma formação com foco na inovação tecnológica, pesquisa e extensão direcionada para o desenvolvimento de novas fontes de energia...” (UFOPA, 2015) foi feito o levantamento de microssistemas no município de Santarém, no Oeste do estado do Pará, e foram constatadas, com o apoio de Organizações não governamentais, algumas instalações de microssistemas de energia solar fotovoltaica para atender, principalmente, às necessidades das escolas e postos de saúde em algumas comunidades. No entanto, apesar das vantagens que a energia solar fotovoltaica oferece, alguns problemas relacionados ao uso e instalação são comuns e contribuem para o mau funcionamento dos sistemas isolados. Este trabalho se propõe a diagnosticar os principais problemas de alguns dos microssistemas instalados na região. A motivação deste trabalho surge da oportunidade de se colocar em prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula, bem como, da possibilidade do levantamento de informações que poderão contribuir para melhorar a utilização destes microssistemas na região.

Assim, neste capítulo 1, verificou-se os motivos e a justificativa do porquê em se trabalhar neste tema e, a seguir as leis que regulamentam o uso desta forma de geração de energia. No capítulo 2, serão apresentados os objetivos deste trabalho. No capítulo 3 será

apresentado um levantamento geral de sistemas fotovoltaicos, a fim de proporcionar ao leitor maior conhecimento de cada componente e suas estruturas de funcionamento. A metodologia de pesquisa, apresentada no tópico 4, indica as ferramentas utilizadas e localizações geográficas visitadas para a conclusão desta etapa. O capítulo 5 apresenta as problemáticas encontradas nos diferentes microssistemas visitados, sejam eles físicos, técnicos ou humanos, bem como as discussões quanto os resultados deste trabalho. Por fim, as considerações finais acerca do tema explorado são colocadas no capítulo 6.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Diagnosticar as principais problemáticas de funcionamento dos sistemas fotovoltaicos isolados instalados na região do município de Santarém;

2.2 Objetivos Específicos:

Realizar o levantamento de energia solar fotovoltaica (*off-grid*) instalados em comunidades rurais de Santarém;

Identificar problemáticas encontradas nos sistemas quanto as condições de funcionamento;

Propor soluções para os problemas identificados.

3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

3.1 Histórico

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia gerada da transformação direta da luz solar em energia elétrica, fenômeno conhecido como efeito fotovoltaico. Foi observado pela primeira vez, em 1939, pelo físico francês Edmond Becquerel o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de um semicondutor, quando esse absorvia a luz visível.

Todavia, como outras fontes de energia, existem vantagens e desvantagens quanto ao seu uso. A matéria prima inesgotável, a não emissão de poluentes durante a geração de eletricidade e o fato dos sistemas poderem ser instalados em qualquer localidade, são algumas das vantagens que levam ao investimento na captação deste tipo de energia. Em contrapartida, há desvantagens como: investimentos financeiros mais elevados, inicialmente, na aquisição de equipamentos para o início desta conversão, em relação aos sistemas convencionais e, variação da radiação solar disponível em uma localidade quando afetada pelas condições climáticas. Somadas a estas, Hinrichs, Kleinbach e Reis (2010), afirmam que a grande desvantagem deste tipo de energia é a baixa eficiência para transformar a incidência solar em energia elétrica, e também a extrema dependência do clima, já que em dias nublados a geração elétrica se reduz consideravelmente e no período noturno a produção é nula.

O incentivo ao uso de sistemas fotovoltaicos cresce à medida que a demanda do consumo de energia elétrica pela população aumenta. O sistema elétrico no Brasil, em sua maioria, ainda é dependente de grandes usinas hidrelétricas levando-as a serem as principais fontes deste fornecimento de energia. Uma alternativa de contribuição para a matriz energética e para a redução dos impactos ambientais é o aproveitamento de fontes de energia renováveis, como a energia solar. Assim, a substituição dos métodos convencionais da geração de energia por práticas que utilizam de fontes limpas, impulsiona o investimento em sistemas fotovoltaicos em diversos setores que visam economia, praticidade ou sustentabilidade.

A instalação destes sistemas pode ser feita em qualquer localidade, desde que a radiação solar seja suficiente para que o sistema possa ser capaz de fornecer energia elétrica gerada através da conversão direta da luz do Sol.

3.2 Sistemas Fotovoltaicos isolados

Os sistemas isolados ou autônomos foram as primeiras aplicações terrestres dos sistemas fotovoltaicos, e são utilizados, principalmente, em lugares onde não há presença de redes elétricas convencionais. É o nome dado a sistemas fotovoltaicos que não estão conectados à rede elétrica, e são utilizados em locais distantes desta rede onde é mais viável economicamente e vantajoso produzir energia com uma instalação solar isolada do que transmitir energia a estes lugares remotos. Existem os sistemas autônomos para bombeamento de água, os chamados sistemas híbridos e, para uso de aparelhos elétricos nas residências, instituições como escolas, postos de saúde e, telecomunicações, os sistemas puros. Os sistemas isolados puramente fotovoltaicos podem ser individuais – a geração é exclusiva para atender ao consumo de uma unidade – e, em minirredes – a geração de energia é compartilhada entre um determinado grupo de unidades consumidoras ou comunidades que têm residências geograficamente próximas umas das outras –, que levam à eletrificação rural de domicílios ou comunidades isoladas. São compostos por painel solar, controlador de carga, inversor de carga e, em geral, utilizam alguma forma de armazenamento de energia, como as baterias seguindo a norma padrão de instalação para sistemas isolados. Em sistemas que necessitam de armazenamento de energia em baterias, o controlador de carga entra com a função de, como o próprio nome sugere, controlar as cargas ou descargas que venham a ocorrer com as baterias, evitando danos e garantindo maior vida útil às mesmas durante a operação. Um inversor tem o papel de conversor quando se deseja mais conforto na utilização de eletrodomésticos convencionais, ou seja, servem como conversor de eletricidade de tensão e corrente contínua (CC) para tensão e corrente alternada (CA). Contudo, são os painéis solares, constituídos por células solares, que recebem a energia proveniente do Sol e que são os responsáveis pela conversão desta energia luminosa em energia elétrica. A Figura 1 abaixo representa um esquema de instalação de um sistema de energia solar fotovoltaico (*off-grid*).



Figura 1. Esquema de um sistema fotovoltaico isolado. Fonte: Sun Rio

3.2.1 Componentes Básicos

Um sistema de energia solar fotovoltaico é constituído por componentes auxiliares que em conjunto aos módulos trabalham na conversão direta da luz solar em energia elétrica. Estes são divididos em blocos de gerador – arranjos fotovoltaicos que são compostos pelos módulos, cabeamentos elétricos, e estrutura de suporte; o bloco de condicionamento – são os componentes auxiliares como inversores, controladores de cargas (se houver armazenamento) e outros dispositivos de proteção, supervisão e controle. Por fim, o bloco de armazenamento é constituído pelas baterias e outras formas de armazenamento.

3.2.1.1 Módulo fotovoltaico

Também chamado de painel fotovoltaico – principal componente de um sistema gerador de energia solar – ele é feito de modo a proteger as células fotovoltaicas que estão interligadas em arranjo para que tensão e corrente sejam produzidas a fim de se utilizar na prática a energia a ser gerada. Vale ressaltar que estas células são importantes para que ocorra o efeito fotovoltaico, pois a conexão destas em um painel e seu arranjo, podendo ser em série e/ou paralelo, implica na tensão a ser utilizada e corrente elétrica desejada, ou seja, a incompatibilidade das características elétricas destas células limita o desempenho dos módulos,

resultando em baixa qualidade para a geração de energia. Ligações em série de várias células aumentam a tensão disponibilizada, enquanto que ligações em paralelo permitem que haja o aumento da corrente elétrica, este mesmo efeito ocorre para as ligações de painéis ao serem instalados a depender do quanto de energia é desejada. A Figura 2 representa um conjunto de painel solar fotovoltaico.



Figura 2. Conjunto de módulos fotovoltaicos. Fonte: Autor

O conjunto destes módulos é chamado de gerador fotovoltaico e constituem a primeira parte do sistema, ou seja, são responsáveis no processo de captação da irradiação solar e a sua transformação em energia elétrica (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

Um dado relevante e que deve vir especificado pelo fabricante, como uma das especificações técnicas, é a potência máxima que uma painel solar pode gerar. Porém, este mesmo valor pode ser conhecido através da curva característica que um painel solar apresenta, onde é possível obtê-la a partir da tensão e corrente, através do produto entre a tensão máxima de pico (V_{mp}) e corrente máxima de pico (I_{mp}). Esta potência é o que o módulo fotovoltaico pode gerar na condição padrão de 1000 W/m^2 a uma temperatura ambiente de 25° C .

3.2.1.2 Baterias

Os acumuladores de carga, também conhecidos por baterias, são necessários para o armazenamento da energia elétrica gerada pelos módulos fotovoltaicos, visando atender a demanda de consumo em momentos em que não é possível a geração de energia elétrica em períodos noturnos, chuvosos ou em dias nublados. A presença de baterias é necessária para proporcionar um fornecimento constante de energia para o consumidor. As baterias utilizadas em sistemas isolados são de tipo recarregáveis compostas por células secundárias permitindo que ocorra esta recarga, para assim serem reutilizadas várias vezes. Estas quando aplicadas, em sua maioria, são úteis por longos períodos. Existem no mercado baterias de vários tipos de tecnologia, como: Chumbo ácido, Níquel- Cádmio, Níquel-hidreto metálico, dentre outras, são as mais disponíveis comercialmente para tipos recarregáveis, porém a tecnologia mais empregada é a bateria de Chumbo ácido (Pb-ácido) por ser mais economicamente viável para sistemas fotovoltaicos, embora as demais sejam mais eficientes e/ou tenham maior vida útil. A capacidade de carga de uma bateria de 150 Ah, por exemplo, deve ser capaz de fornecer corrente de 150 A no período de 1 hora, isso ao levar-se em consideração especificações dadas pelo fabricante, ou seja, se tem o conhecimento teórico desta capacidade de fornecimento. Porém, existem fatores que influenciam nesta capacidade, sendo eles: temperatura de operação da bateria, que normalmente vem de fábrica para atuarem em temperatura de 25° C (a depender do tipo de bateria), o que leva à redução brusca quando colocadas a temperaturas mais baixas, ou ao ligeiro aumento quando em temperaturas mais altas; e velocidade de carga ou descarga, onde ao ter um descarregamento lento mais rápido será sua disponibilidade de carga. Além destes, a descarga excessiva ocorre quando tensão aproxima-se de 10,5 V, em baterias de chumbo ácido do tipo estacionárias a descarga excessiva pode comprometer severamente a vida útil da bateria (HALMENAN, 2014).

3.2.1.3 Inversor

São equipamentos eletrônicos que fornecem energia elétrica de corrente contínua, gerada pelos painéis fotovoltaicos, em corrente alternada, ou seja, modulam a corrente contínua em alternada, sendo por isso também conhecidos como conversores CC-CA. Esta adequação ocorre porque a energia produzida pelas células fotovoltaicas não deve ser utilizada diretamente por equipamentos comuns, seguindo o padrão das redes que são presentes no Brasil, com uma frequência de 60 Hz em corrente alternada. De acordo com Pereira & Oliveira (2011), a energia

elétrica na saída dos módulos fotovoltaicos é em corrente (CC). Isto inviabiliza a sua aplicação direta na maioria dos equipamentos que trabalham, somente, em corrente alternada (CA).

Em um sistema autônomo fotovoltaico, o armazenamento de energia nas baterias e o fornecimento de energia para o consumo é feito sob a forma de um sinal contínuo. Estes possibilitam o uso de aparelhos elétricos CA, dispositivos eletrônicos de comunicação, entre outros convencionais de 230 V, 50 Hz, a partir da rede CC. A separação dos sistemas CC e CA permite a seleção um inversor que apresenta menor potência e, conseqüentemente, de baixo custo o que aumenta o percentual de uma maior eficiência de conversão.

3.2.1.4 Controlador de carga

Este componente, também chamado de regulador de carga é, geralmente, utilizado em sistemas *off-grid* com o objetivo de proteger a bateria (ou banco de baterias) contra carga ou descargas excessivas, e como resultado garante o aumento de sua vida útil, bem como assegurar que o sistema opere em sua máxima eficiência. Para evitar que as baterias sofram danos irreversíveis, os controladores de cargas, considerados componentes críticos em sistemas fotovoltaicos isolados, devem ser bem dimensionados ao se levantar um projeto de captação de energia solar a fim de impedir que neles ocorram possíveis falhas. Messenger & Ventre (2010), complementam a finalidade deste equipamento ao afirmarem que, se ajustados corretamente, irão garantir o bom desempenho do sistema de baterias sob várias condições (carga, descarga e variações de temperatura).

Assim, surgem como um mecanismo de controle de tensão a ser aplicada às baterias e, que não permita a circulação de corrente para os painéis. É válido também ter o conhecimento de que o carregamento do banco de baterias depende das tensões presentes no sistema, onde a tensão de carga deve ser superior à tensão da bateria, caso contrário as baterias enviarão energia para o sistema.

3.2.2 Cabos elétricos

Os cabos utilizados para instalação de sistemas fotovoltaicos, geralmente, são fornecidos pelos próprios fabricantes e devem atender as especificações do sistema aplicado. Para uma instalação solar fotovoltaica existem três tipos básicos de cabeamentos diferentes:

cabos de módulo, cabo principal de corrente contínua (CC) e cabo de ramal de corrente alternada (CA).

Os cabos de módulo são aqueles que fazem a ligação entre os painéis solares e caixa de junção. São cabos que ficam expostos aos raios ultravioletas e por este motivo devem conter isolamento duplo, os cabos mono-condutor flexível, que são resistentes a estes raios e não propagam fogo,

O cabo principal de corrente contínua estabelece entre as caixas de junção e o controlador de carga e deste às baterias. De maneira semelhante aos cabos de módulo, estes quando expostos no meio exterior, precisam de cabos contra proteção de raios UV, entretanto no caso de cabos que fiquem em meios protegidos contra raios é permitido o uso de cabos standard.

Ao cabo de corrente alternada (CA) é dada a função de fazer a ligação entre o inversor de frequência e a rede receptora da carga. Na utilização de inversores trifásicos devem ser usados cabos com cinco condutores, se for monofásico os cabos utilizados podem ter apenas três condutores.

3.2.3 Manutenção e operação

O simples funcionamento de um sistema fotovoltaico não garante uma boa eficiência quanto à geração de energia. A inspeção e manutenção regularmente, de forma a garantir uma operação eficiente e impedir ocorrência de problemas futuros, são mecanismos de prevenção adotados para esta prática. É importante que as normas de segurança e as especificações dadas pelos fabricantes dos equipamentos sejam atendidas quando realizada esta inspeção, com o intuito de evitar problemas a quem opera estes sistemas. A manutenção corretiva requer procedimentos que exigem conhecimentos mais específicos dos componentes do sistema, por isso, deve ser realizada por profissionais da área.

Geralmente, recomenda-se fazer inspeções periódicas nos sistemas, já que desta forma pequenas avarias podem ser identificadas e corrigidas, evitando afetar a operação do sistema. Esta manutenção preventiva deve ser iniciada logo após a instalação do sistema, quando ele, supostamente, está operando satisfatoriamente, pois este período pode ser usado como base padrão de funcionamento para as demais intervenções [9].

3.2.4 Fatores externos

3.2.4.1 Sombreamento

Dependendo das condições operacionais em que um módulo esteja atuando no sistema, uma célula fotovoltaica pode aquecer de tal extremo e danificar o material celular, devido ao sombreamento que há sobre uma placa solar, ou seja, um fator prejudicial ao funcionamento de um sistema fotovoltaico quando, nos módulos, há esta incidência de sombras. Isto se deve, pois uma corrente inversa relativamente elevada flui através da célula solar, designado como ponto quente aparente no módulo. O sombreamento gerado, por exemplo, por uma folha no módulo solar, de tal modo que uma célula fique totalmente obscurecida leva esta célula a estar inversamente polarizada, que atua como uma carga elétrica e converte a energia elétrica em calor. Este efeito, quando não verificado periodicamente, compromete todo o sistema.

3.2.4.2 Influência da temperatura ambiente e radiação solar

As variações dos raios incidentes sobre a placa solar e da temperatura ambiente influenciam na temperatura com a qual as células fotovoltaicas operam. Quando há o aumento da radiação solar e/ou da temperatura externa, conseqüentemente, a temperatura das células tende a aumentar o que leva a uma queda de tensão. A corrente sofre um leve aumento que não compensa a perda causada pela diminuição da tensão. Assim, o desempenho dos módulos fotovoltaicos é diretamente afetado por estes fatores.

4 METODOLOGIA

4.1 Tipo de Pesquisa

Os diversos processos empregados na investigação de uma pesquisa envolvem uma série de raciocínios adotados neste processo construtivo, e a este conjunto de processos, ditos mentais, chamamos de método científico. Segundo Neto (2008), os métodos que fundamentam as bases lógicas da investigação são: dedutivo, hipotético-dedutivo, dialético e fenomenológico.

A esta pesquisa, como método de pesquisa utilizado, utilizou-se do método fenomenológico que consiste na descrição direta dos fatos tal qual acontecem, ou seja, preocupa-se com a descrição direta da experiência como ela é. A realidade não é única, é construída e entendida da forma que é interpretada.

Ao conjunto que envolve pontos de vista quanto à natureza do problema, objetivos, a forma de abordagem e bem como os procedimentos técnicos, se tem o tipo de pesquisa aplicado, ou seja, fatores que somados levam ao resultado de uma investigação/processo. Para os cumprimentos das etapas deste trabalho, considerando que seja uma pesquisa qualitativa, adotou-se a qualificação para se obter conhecimentos a fim de que aplicações práticas fossem dirigidas a detectar os problemas dos casos estudados. Apesar de ter tido a necessidade de coletar dados numéricos, a pesquisa descritiva, fundamentada por observação e indução, é a linha de raciocínio deste processo, assumindo, em geral, um levantamento de dados usando técnicas padronizadas, como aplicação de questionário, que ajudaram a descrever as características de cada objeto de estudo. E, de forma a completar esta cadeia, utilizou-se também da pesquisa participante onde houve a interação entre o pesquisador e membros envolvidos nas situações investigadas.

4.2 Legislação de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil

Antigamente, no Brasil, estes sistemas eram empregados em caráter experimental, geralmente, em instituições de ensino, pesquisa e concessionárias de energia, mas não eram

inseridos em políticas públicas. Mas, a partir do ano de 2012, a resolução normativa de nº 482, de 17 de abril de 2012 da ANEEL, possibilitou a efetiva implantação de sistemas fotovoltaicos no Brasil, que estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências [1 - 2]. A mesma foi revisada com a resolução 687/2015, de 24 de novembro de 2015, trazendo inúmeras melhorias importantes ao modelo de micro e mini geração do país, posicionando o Brasil na vanguarda das políticas de incentivo ao desenvolvimento da geração distribuída junto à população [4].

A instalação de um sistema fotovoltaico apresenta duas configurações distintas: isolados ou autônomos (*off-grid*), conectados à rede (*on-grid*). Os sistemas isolados, como o objeto de estudo deste trabalho, são ditos como não dependentes da rede elétrica convencional para funcionar, sendo os mais apropriados à instalação em comunidades isoladas que ainda são carentes de rede de distribuição elétrica [1].

A resolução normativa nº 493 da ANEEL, publicada em 05 de junho de 2012, estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento de energia elétrica por meio de microssistema isolado de geração e distribuição de energia elétrica (MIGDI) destinado a atender diversos consumidores ou sistema individual de geração de energia elétrica com fonte intermitente (SIGFI) [3].

Porém, a primeira iniciativa que efetivamente incorporou o uso da energia solar fotovoltaica em âmbito nacional foi o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM, sendo considerado um dos maiores programas de eletrificação rural utilizando sistemas fotovoltaicos nos países em desenvolvimento. Os sistemas foram instalados de junho de 1996 a dezembro de 2001 e implantados por todos os 26 estados brasileiros, especialmente nas regiões nordeste (Semiárido) e norte (Amazônia) (GALDINO & LIMA, 2002).

Para o funcionamento de um sistema fotovoltaico autônomo, geralmente, é necessária a instalação de equipamentos auxiliares em conjunto com os módulos, ou seja, o bloco gerador como um dos que compõem o sistema fotovoltaico. Esses componentes atuarão, principalmente, no processo de armazenamento e distribuição da energia elétrica gerada, sendo eles divididos por blocos: de condicionamento (controladores de carga, inversores) e de armazenamento (baterias).

Diante disso, a inspeção em sistemas fotovoltaicos, através do plano de operação e manutenção, deve ser realizada regularmente de forma a garantir uma operação eficiente e o impedimento de problemas futuros nestes componentes, bem como ao sistema por inteiro.

4.3 Caracterização da área de estudo

O município de Santarém, no oeste do estado do Pará, localizado à margem direita do Rio Tapajós, corresponde a uma área de aproximadamente 17.898,389 km² com um número estimado de 294.447 mil habitantes, é uma das 144 cidades do estado, pertencente à região amazônica [23]. Dentro da região dos municípios de Santarém e Aveiro, está localizada a Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns, medindo 677.610 hectares, com cerca de 66% dentro do território do município de Santarém, sob gerenciamento do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e é constituída por 74 comunidades às margens dos Rios Tapajós e Arapiuns [22].

A comunidade Anã, uma das que compõem a Reserva Extrativista, está localizada às margens do Rio Arapiuns, com aproximadamente 380 moradores, divididos em 104 famílias de acordo com os dados coletados pelo agente de saúde daquela localidade. As atividades pesqueira, caça, artesanal e o ecoturismo são meios tanto de subsistência quanto para sustento dos moradores. O acesso é feito por embarcações, saindo aos domingos e terças-feiras, às 11h retornando as segundas e quartas feiras, às 9h, com duração em média de 4h de viagem.



Figura 3. Vista aérea da comunidade Anã no Rio Arapiuns. Fonte: Google Maps.

A Figura 3 mostra a vista aérea (via satélite) da comunidade, como parte de umas 74 comunidades que compõem a Reserva Extrativista. É banhada pelo Rio Arapiuns e recebe o nome de Vila do Anã.

O sistema de abastecimento de energia elétrica ainda não atende aos moradores da comunidade, sendo usual a utilização de geradores particulares. Entretanto, atualmente, existem dois sistemas de energia solar instalados na comunidade Anã, sendo um na responsabilidade da empresa Oi telecomunicações para atender a rede de telefonia pública e outro instalado pelo projeto Saúde & Alegria para atender a demanda de consumo da Pousada que recebe o nome de Hospedaria Paraíso do Anã, gerenciada pela própria comunidade. A pousada recebe estudantes de intercâmbio, pesquisadores e visitantes da região contribuindo para a economia interna e desenvolvimento da comunidade, sendo o período de maior temporada dos meses de novembro a fevereiro de cada ano.

A cidade de Santarém tem à sua frente o encontro dos rios, Tapajós e Amazonas, como um dos pontos turísticos oferecidos na região. Todavia, o Amazonas banha uma grande parte das comunidades da região de várzea do município (áreas inundadas pelas cheias dos rios), dentre elas estão Tapará Grande e Santana do Tapará – comunidades visitadas para inspeção de sistemas fotovoltaicos. O acesso a estas comunidades é somente via fluvial.

A região do Tapará, composta por comunidades às margens do Rio Amazonas, fica à 2 horas de viagem, saindo da cidade de Santarém, através de embarcações e balsas que fazem esta linha diariamente de ida e volta. As comunidades, Tapará Grande e Santana do Tapará, são vizinhas geograficamente, com uma população de aproximadamente 732 pessoas e, ambas, vivem basicamente da pesca e agricultura (no período da vazante dos rios). Na infraestrutura, possuem uma escola municipal, de estrutura de madeira, que recebe o nome São Jorge, na comunidade de Tapará Grande, e atende alunos do ensino fundamental e médio modular, nos períodos matutino e vespertino, mas que tem suas atividades interrompidas nos meses de março a julho de cada ano por motivo da enchente dos rios, sendo assim planejada para funcionar em um calendário de ano letivo especial; são beneficiadas pelo centro de saúde do Tapará Grande que recebe moradores de toda a região do Tapará como, por exemplo, Ipixuna do Tapará, Costa do Tapará, Tapará mirim, Santa Maria etc. Para fornecer serviços de saúde de baixa complexidade, conta com duas estruturas físicas, uma de alvenaria e outra de madeira, 3 agentes de saúde, 1 servente e 1 médica que vai uma vez por semana para realizar consultas nos

moradores; têm ainda 3 igrejas (católica e protestante); 5 mercadinhos que fazem a venda de alimentação e material de limpeza, gasolina e, 1 sede comunitária. A comunidade não é atendida pela rede de eletricidade, sendo possível o acesso à iluminação e uso de aparelhos eletrônicos, durante algumas horas do dia, por meio de geradores particulares e instalação de microssistemas de energia solar fotovoltaicos.

4.3.1 Irradiação solar no município de Santarém

Na região amazônica, onde o município de Santarém está localizado, o investimento em energia solar fotovoltaica é impulsionado pelas características climáticas que a mesma apresenta. Com um histórico de medidas para a região, utilizando do programa Sundata que fornece um banco de dados com valores de irradiação solar média mensal no plano horizontal para cerca de 350 pontos do país, é possível realizar estudo de viabilidade para instalação de sistemas fotovoltaicos em uma determinada comunidade, garantindo assim o máximo de recurso ao longo do ano [19]. A Tabela 1 apresenta a radiação solar incidente para o município de Santarém. A busca feita por meio das coordenadas geográficas (latitude e longitude) do ponto de interesse, no caso, a região onde está localizada a cidade de Santarém, sendo possível obter valores de irradiação solar, em kWh/m², para ângulo no plano horizontal igual a 0° N e a latitude de 2° N, correspondentes aos 12 meses do ano. Estes valores são apenas orientações para o dimensionamento de um sistema fotovoltaico, pois são valores de um histórico de medições que varia ao longo dos anos.

Tabela 1. Radiação Solar incidente para o município de Santarém (Adaptada). Fonte: Sundata. Acesso em: 27 de março de 2017.

Ângulo	Irradiação Solar média mensal [kwh/m ² .dia]												Média	Delta
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Plano Horizontal	4,42	4,19	4,07	4,07	4,07	4,19	4,54	5,12	5,35	5,12	4,77	4,61	4,54	1,28
Ângulo igual a latitude	4,37	4,16	4,07	4,09	4,12	4,25	4,6	5,17	5,36	5,09	4,72	4,55	4,55	1,29
Maior média anual	4,37	4,16	4,07	4,09	4,12	4,25	4,6	5,17	5,36	5,09	4,72	4,55	4,55	1,29
Maior mínimo mensal	4,42	4,19	4,07	4,07	4,07	4,19	4,54	5,12	5,35	5,12	4,77	4,61	4,54	1,28

Os dados fornecidos na tabela mostram que nos meses de março, abril e maio a irradiação solar diária média apresenta um valor crítico de $4,07 \text{ kWh/m}^2$ (dia), justificado por ser este o período de maior pluviosidade na região. Em contrapartida, no mês de setembro há o máximo de irradiação, no valor de $5,36 \text{ kWh/m}^2$. A diferença entre a irradiação solar, máxima e a mínima, é o valor de delta.

4.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.4.1 Embasamento teórico

A compreensão detalhada do processo de conversão da energia solar em energia elétrica, composição, montagem e manutenção de sistemas fotovoltaicos isolados foram essenciais nesta primeira etapa do Projeto. O objetivo era de qualificar o autor acerca de conhecimentos, teórico e técnico, necessários, para lidar com todos os elementos de um microsistema de geração fotovoltaico isolado para se fazer o diagnóstico das principais problemáticas que impedem um melhor funcionamento destes microsistemas instalados. Esta etapa realizada, por meio da revisão bibliográfica, é apresentada no capítulo 3 deste trabalho garantindo um conhecimento mais amplo e ao mesmo tempo mais detalhado de cada equipamento, de acordo com as normas técnicas que cada um apresenta ao compor um sistema fotovoltaico.

A literatura pertinente ao tema, considerando a ordem cronológica das referências sobre a implantação da energia solar na matriz energética brasileira e os principais componentes de um sistema gerador, contribuiu ao conhecimento mútuo e amplo sobre o assunto.

Ao analisar as vantagens e desvantagens em se trabalhar no tema em questão, em dezembro de 2017, foram adotadas as primeiras iniciativas para que a pesquisa em campo pudesse ser realizada.

Ao final, sustentando-se na literatura como fontes de dados e informações pertinentes ao assunto, foram apresentadas as principais problemáticas da aplicação da energia solar fotovoltaica nas comunidades pertencentes ao município de Santarém.

4.4.2 Levantamentos de sistemas instalados

Realizou-se levantamento, junto aos órgãos da Prefeitura Municipal de Santarém e organizações não governamentais do ramo de energia solar, mais especificamente o projeto Saúde & Alegria e sol Solidário, a fim de encontrar sistemas de energia solar fotovoltaico isolado para desenvolver as atividades previstas neste trabalho e dar andamento nesta linha de pesquisa. Feito isso, então, chegou-se ao conhecimento de que as comunidades Anã, Santana do Tapará e Tapará Grande – todas de área rural do município de Santarém – detinham de sistemas fotovoltaicos instalados, em operação ou não. Em seguida, a forma de avaliação para a verificação dos aspectos técnicos e visuais do processo, consistiu da inspeção em campo com visita diretamente aos locais, no período de março a abril, onde se encontram estes sistemas, ou seja, com o intuito de visualizar as atuais condições de funcionamento dos microssistemas e seus respectivos equipamentos. Em cada caso foi feita vistoria da localização dos painéis, orientação e inclinação, estado físico de cada sistema, resistências às intempéries, material, condições físicas dos componentes e os fatores externos, como sombreamento e capacidade de operação. A revisão do estado geral, de forma visual, da instalação de cabos também fez parte desta etapa. Com este levantamento, foi possível identificar e classificar, com relação às condições de funcionamento e as necessidades de cada microssistema, as principais problemáticas em sistema solar fotovoltaico *off-grid* para estas comunidades. Depois de concluída a inspeção, foi realizada uma entrevista com os proprietários/ responsáveis a fim de avaliar o conhecimento, quanto à manutenção e funcionamento, do uso de um microssistema de energia solar fotovoltaico em suas propriedades e levantar dados da própria comunidade com relação ao número de moradores, famílias atendidas etc.

4.4.3 Questionário

Para o cumprimento desta etapa de inspeção, foi aplicado um questionário (APÊNDICE I) de caráter qualitativo em cada comunidade visitada, respondido por responsáveis em manusear e/ou observar o funcionamento destes sistemas, contendo perguntas básicas de consumo, execução e manutenção visando um levantamento de dados a contribuir nos resultados desta pesquisa. Com os resultados coletados com o questionário, foi possível classificar os sistemas fotovoltaicos instalados nas comunidades visitadas, após serem cumpridas todas as etapas acima, levando em consideração o funcionamento ou ineficiência das instalações como: sistemas fotovoltaicos em condições mínimas de funcionamento - encontrados em operação, porém com algumas falhas aparentes de qualquer natureza, ou seja, contrárias às normas técnicas básicas ou por influência dos fatores externos.

4.4.4 Objeto de estudo

Após o levantamento de alguns sistemas fotovoltaicos instalados na região do município de Santarém, realizou-se estudo em três comunidades, localizadas na área rural ribeirinha, sendo elas: comunidade do Anã (sistemas da hospedaria, filtro e telefonia) às margens do Rio Arapiuns, uma das 74 comunidades da Reserva Extrativista, e às margens do Rio Amazonas, as comunidades Tapará Grande (sistemas do posto de saúde e da escola) e Santana do Tapará (Sistema domiciliar), qual adotou – se como objeto para este tipo de sistema uma residência da comunidade, visto que uma grande parte dos moradores faz uso da energia solar, mas seria, nesta pesquisa, inviável visitar todas as residências.

Ao todo foram utilizados como objeto de estudo para a execução deste trabalho 6 sistemas de energia solar fotovoltaico (*off – grid*) encontrados nestas comunidades visitadas. São comunidades onde a falta de energia elétrica é notória seja por falta de políticas públicas, incentivos do governo ao uso de fontes de energias renováveis ou difícil acesso para que a concessionária de energia elétrica possa trabalhar e implantar linhas de transmissão nestas áreas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Comunidades do Rio Arapiuns

A realização deste trabalho permitiu o diagnóstico de alguns dos sistemas instalados de Energia solar fotovoltaica, em comunidades rurais do município de Santarém, e conseqüentemente, como objetivo principal a detecção das principais falhas, quanto as condições de uso, que impedem o bom funcionamento destes microssistemas ou a ineficiência de geração de energia para o consumo pelas residências ou instituições atendidas pelos mesmos.

A falha total de um sistema fotovoltaico é raramente possível de acontecer, porém algumas avarias em determinados componentes, sujeitos a riscos de qualquer natureza, podem estar associadas às problemáticas encontradas em sistemas que não estão em sua máxima eficiência para geração de energia. Com base nisso, é que os sistemas estudados nesta pesquisa foram classificados em dois grupos, sendo eles: sistema em funcionamento, mas com problemas em algum de seus componentes e, em sistema em funcionamento quando apresentam condições mínimas para operar.

A primeira comunidade visitada, Anã, abriga um sistema de captação de energia na Pousada Hospedaria Paraíso do Anã, em funcionamento desde 2014 e possui instalação padronizada que rege um sistema fotovoltaico isolado. O sistema foi encontrado em pleno funcionamento e, atualmente, é composto por 10 painéis solares de modelo KD1 405X - UFBS, com uma potência nominal de 140 Wp cada, ligados em dois conjuntos de 5 placas conectadas em série, e estes dois conjuntos conectados em paralelo. Para parâmetros elétricos apresentam uma tensão de circuito aberto medindo 22,1 V (V_{OC}) e corrente de curto circuito 8,68 A (I_{SC}), e tensão e corrente quando se tem potência máxima, respectivamente, 17,7 V ($V_{P_{MAX}}$) e 7,91 A ($I_{P_{MAX}}$). A Figura 4 mostra a instalação das placas que corresponde a estas ligações e medições.



Figura 4. Estrutura de instalação dos painéis fotovoltaicos. Fonte: Autor

O estudo mostrou que o consumo de energia pela pousada ocorre de forma irregular, ou seja, não é constante ao longo do ano, uma vez que o serviço de hospedagem não é realizado com frequência e varia de acordo com a época do ano. O período de maior temporada e, conseqüentemente, de maior consumo de energia acontece dos meses de novembro a fevereiro de cada ano quando há visitação de estrangeiros, pesquisadores, estudantes ou apenas turistas. Desta forma, os demais períodos do ano como, por exemplo, da cheia dos rios na região a pousada deixa de fornecer seus serviç os regularmente e o sistema gera apenas para armazenamento de energia e atividades de manutenção do empreendimento. A Tabela 2 apresenta o consumo da pousada, através de seus equipamentos eletrônicos e/ou iluminação, para estes períodos.

Tabela 2. Consumo estimado de energia pela Hospedaria em período de temporada. Fonte: Autor

Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Horas/dia	Consumo médio diário (W.h)
Lâmpada banheiro 1	1	11	4h*	44
Lâmpada banheiro 1	2	5	4h*	40
Lâmpadas de led banheiro 1	2	0,96	2h*	3,84
Lâmpadas de led banheiro 2	6	0,96	2h*	11,52
Lâmpada cozinha	5	5	4h*	100
Lâmpada Refeitório	4	5	4h*	80
Lâmpadas Redário 1	3	0,96	4h*	11,52
Lâmpadas Redário 2	6	0,96	4h*	23,04
Geladeira	1	150	4h	600
Liquidificador	1	370	5 min*	30,83
Total		549,84		944,75

(*) Somente utilizados quando há hóspedes na pousada

Constatou-se também, mediante questionário aplicado, que no período de alta temporada o uso de computadores, carregadores de celulares, ferro elétrico, sanduicheiras, micro-ondas, televisor é feito de forma consciente para não comprometer a carga fornecida e assim garantir que os equipamentos básicos continuem a ser alimentados pelo sistema de energia solar.

Em visita feita ao local desta instalação e avaliando os aspectos físicos, foi possível verificar a orientação e inclinação dos módulos do sistema. Com o auxílio de uma bússola foi comprovado que a orientação dos painéis voltada para o norte geográfico, segue as normas de instalação, uma vez que o local está ao sul da linha do Equador. A observação realizada através de um transferidor, para a inclinação, mostrou estarem dentro da faixa de 10° a 15°, o que é recomendado para esta região.

O estudo levou a detecção de falhas relacionadas a sujeiras (poeira) e pequenos resquícios da vegetação do entorno do sistema sobre um dos módulos que, provavelmente, por ação da natureza (vento) leva a esta ocorrência, causando pequenos sombreamentos das células. O suporte é de material madeireiro, favorecendo a existência de insetos, como cupins, na estrutura física do suporte. Quanto aos cabamentos nada foi detectado, uma vez que todos estavam protegidos contra raios ultravioletas com o uso de proteção por conduítes feitos com PVC, conforme mostrado na Figura 5 abaixo.



Figura 5. Cabeamento dos módulos fotovoltaicos instalados. Fonte: Autor

Por outro lado, quando verificadas as condições físicas do local onde estão colocados a caixa de junção, o banco de baterias e o inversor, detectou-se problemas que poderiam ser evitados se fossem seguidas as normas de segurança e implantação de sistemas fotovoltaicos. Durante a observação, falhas físicas como local inapropriado para a instalação desses componentes foi visualmente notado. A Figura 6 mostra as condições inadequadas do ambiente deste sistema em uma pequena sala de paredes sem pintura, cheia de materiais de limpeza, caixas de papelão, madeiras e que apesar de ter uma abertura na parte superior, nas laterais da sala, a ventilação pode não ser suficiente para atender as condições de temperatura ambiente

que o banco de baterias precisa para estar em bom funcionamento a evitar acúmulo de gases que elas liberam no processo de carga/ descarga.



Figura 6. Ambiente de instalação dos componentes do sistema. Fonte: Autor

Diferentemente do cabeamento dos módulos, a fiação elétrica que faz as ligações entre os componentes fica exposta e sujeita a insetos, como cupins, que percorrem pelas paredes da sala e corroem os cabos e, conseqüentemente, facilita que entrem nos equipamentos do sistema podendo causar danos. A Figura 7 mostra essa situação.



Figura 7. Cabeamentos expostos. Fonte: Autor

A caixa de junção comporta o controlador de carga e os 11 disjuntores acionam os circuitos das cargas alimentadas pelo sistema. A Figura 8 mostra o conjunto destes disjuntores que fazem estas ligações dos circuitos de tomadas, iluminação, baterias, painéis e dormitório.



Figura 8. Disjuntores do sistema fotovoltaico da hospedaria. Fonte: Autor

Os disjuntores 1 e 2 correspondem às baterias, 3 e 4 aos painéis. As tomadas são ligadas através dos disjuntores 5 (geladeira), 6 (tomadas – balcão), 7 (tomadas – refeitório) e 8 (tomadas – redário). O circuito de iluminação é dividido entre os disjuntores 9 (luz cozinha/refeitório) e 10 (luz banheiro1/redário 1). O disjuntor de número 11, implantado recentemente, atende ao banheiro 2/redário 2.

A tomada 5 que era exclusiva para atender ao consumo do freezer que apresenta nível de consumo na classe E, atualmente, atende a geladeira com uma potência nominal que corresponde a classe A de consumo. Esta é uma readequação do uso de equipamentos visando uma redução de 5 vezes do que era utilizado pelo freezer.

O sistema original foi instalado com um kit formado por 10 (dez) módulos, 10 (dez) baterias da marca FREEDOM (estacionária) de 12 V e com capacidade de corrente de armazenamento de carga de 165 Ah, 2 (dois) controladores de carga de 12V/24A e 1 (um) inversor de 1500 W. Esta instalação gerou energia de forma eficiente, sem apresentar problemas

de funcionamento, por aproximadamente 6 meses e após esta primeira falha o banco de baterias teve de ser trocado totalmente. As falhas continuaram a ocorrer, ocasionando o processo de descarga profunda em 5 (cinco) das 10 (dez) baterias de armazenamento, que levou o sistema, com a readequação, a operar com apenas 4 (baterias) com uma tensão de 12,433 V, 1 (um) controlador e 1 (um) inversor, prejudicando assim o bom funcionamento do sistema instalado. Estas descargas profundas ocorreram por falta de conhecimento dos responsáveis pela pousada ao consumirem carga maior que o previsto no dimensionamento. Uma das 5 (cinco) baterias em bom estado de funcionamento atende o sistema instalado recentemente, exclusivamente, para um filtro. As que apresentaram descarga profunda estão operando abaixo de 50% de suas capacidades. As Figuras 9 e 10 mostram, respectivamente, estas medições feitas com ajuda de um multímetro, nas baterias que atendem ao sistema e nas que não estão sendo utilizadas.



Figura 9. Medida de tensão no banco de baterias em funcionamento. Fonte: Autor



Figura 10. Medida de tensão em baterias fora de operação. Fonte: Autor

Para minimizar estes efeitos, o correto acondicionamento destes equipamentos, verificando e atentando-se às condições ambientais garantem que a vida útil seja, de fato, atendida conforme orientação dada pelos fabricantes. As baterias, por exemplo, podem ter sua temperatura interna aumentada no processo de carga e quando somada à temperatura externa tendem a deixar de operar para qualquer situação de armazenamento, pois perdem esta capacidade.

Quando perguntado sobre manutenção, foi informado que quando há qualquer avaria no sistema e o mesmo deixa de gerar energia, a administração da pousada aciona o gerador que serve como apoio e contatam os responsáveis pela instalação do sistema. Porém, os responsáveis pela pousada recebem instruções, por meio de profissionais, para intervenções básicas, como a limpeza dos módulos e/ou retirada de resquícios que levam ao sombreamento

dos mesmos. Entretanto, na visita realizada foram verificados painéis sujos de poeira e uma pequena folha de árvore sobre um destes.

O sistema instalado pela operadora Oi foi encontrado em funcionamento, gerando energia para atender a rede de telefonia pública (3 orelhões) implantado pela empresa de telecomunicação, mas sem qualquer tipo de manutenção sendo realizada há muito tempo segundo relatos de moradores da comunidade. A Figura 11 mostra a instalação do sistema contendo doze painéis, protegido por cerca de arame farpado, o que impediu a realização de qualquer tipo de inspeção para os resultados desta pesquisa.



Figura 11. Sistema de telecomunicação fotovoltaico sem manutenção. Fonte: Autor

5.2 Comunidades do Rio Amazonas

Na grande área da Região do Tapará foi verificado a existência de microssistemas fotovoltaicos no posto de saúde e na escola municipal São Jorge, ambos em Tapará Grande e,

em uma residência familiar em Santana do Tapará, ressaltando que muitas residências possuem microssistema de energia conforme foi verificado em loco.

O levantamento das condições de funcionamento dos microssistemas destas comunidades apresentou um grande número de falha humana, falha técnica e, principalmente, física. No posto de saúde, o sistema possui um gerador fotovoltaico constituído por 8 painéis de 48 Wp, um banco de 3 baterias, sendo 2 de 150 Ah e uma de 135 Ah, todas de 12 V, 1 inversor de 3000W e 1 controlador de carga 12V/24A. Este sistema ainda é o original instalado há 1 ano e 2 meses, e ainda não houve qualquer tipo de problema quanto ao fornecimento de energia, mas durante a inspeção realizada, foi possível detectar cabeamentos expostos ao sol, fios elétricos remendados e distantes dos painéis. Desde a sua instalação, não houve qualquer manutenção nos componentes, porém a direção do centro de saúde, por motivos de tentativas de roubos dos painéis, optou por mudar o local de instalação destes módulos, sem qualquer preocupação quanto a inclinação do suporte em relação ao telhado e orientação em relação ao norte geográfico. Com o auxílio de uma bússola, foi constatado que os módulos estavam orientados a leste e não ao norte como estava o sistema original, levando ao comprometimento do bom funcionamento para geração de energia. A inclinação do suporte não foi possível verificar, visto que o local de instalação é de difícil acesso. A Figura 12 mostra a instalação das placas solares sobre o posto de saúde na direção leste.



Figura 12. Estrutura de instalação dos módulos sobre o centro de saúde do Tapará Grande.

Fonte: Autor

Foi relatada, pelos agentes de saúde, a rotineira presença de insetos, como morcegos, dentro da sala de condicionamento dos equipamentos do sistema, sendo verificadas sujeiras

deixadas por estes sobre o banco de baterias e cabearmentos. Nas Figuras 13 e 14 é possível observar as condições de armazenamento dos equipamentos e cabearmentos.



Figura 13. Estrutura física de acondicionamento dos equipamentos. Fonte: Autor

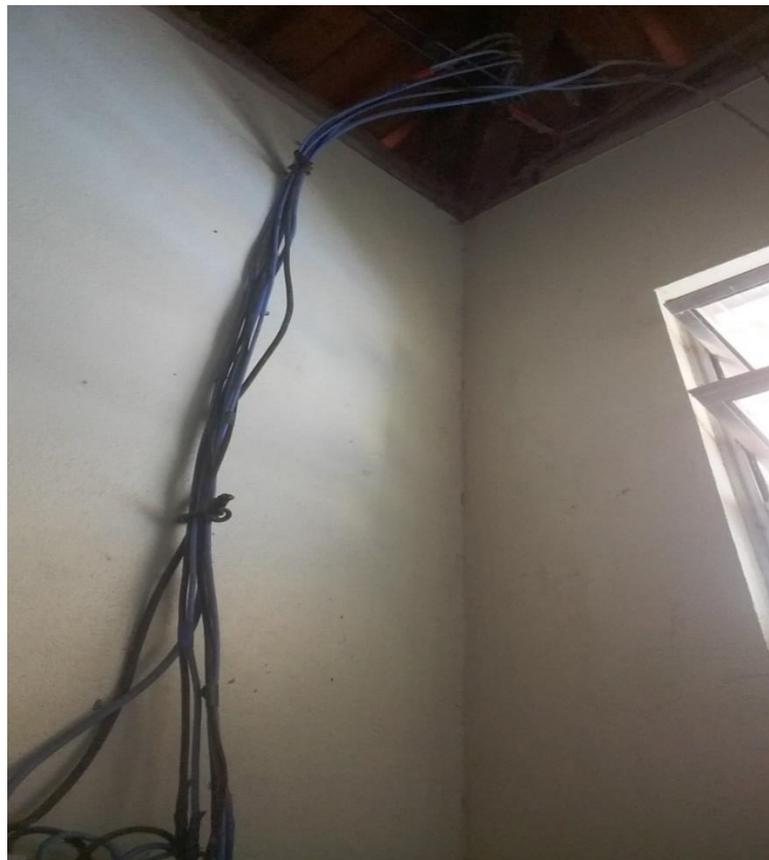


Figura 14. Estrutura física de instalação dos cabearmentos. Fonte: Autor

Verificou-se que o inversor estava muito próximo ao banco de baterias, sem qualquer tipo de suporte e ventilação adequados como deve ser aplicado e protegido. O banco de baterias, Figura 15, estava operando normalmente.



Figura 15. Banco de Baterias do sistema do centro de saúde. Fonte: Autor

O sistema apresentado gera energia para atender ao consumo dos equipamentos usados, periodicamente, no centro de saúde. A carga de energia armazenada consegue atender a demanda em dias nublados ou chuvosos para os sistemas de iluminação e aparelhos eletrodomésticos/eletrônicos. A Tabela 3 abaixo mostra o consumo destes equipamentos utilizados de segunda a sexta.

Tabela 3. Consumo de energia pelo Centro de Saúde. Fonte: Autor

Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Horas/dia	Consumo médio diário (W.h)
Lâmpadas	12	5	4	240
Geladeira	1	126	9	1134
Bebedouro	1	97	9	873
Ventilador	6	110	2	1320
Total:		338		3567

O circuito elétrico do sistema é dividido em 5 disjuntores para os 5 circuitos que o compõem: 1 para baterias, 1 para painéis, 2 para tomadas e 1 iluminação. A Figura 16 refere-se a esta instalação.



Figura 16. Circuitos do sistema através de disjuntores. Fonte: Autor

A escola São Jorge é beneficiada por um microssistema, adquirido pelo conselho de classe da instituição, composto por 1 painel de 145 Wp, 1 bateria de 165 Ah, 1 controlador de carga 12V/24A e 1 inversor de 600W. É um microssistema instalado há 3 meses e que já teve o inversor substituído por ter sido queimado após descargas atmosféricas em um dia de chuva na região. Fora a troca do inversor, o microssistema não teve nenhuma manutenção desde sua instalação. Segundo relato de responsáveis pela escola, a troca do inversor ocorreu sem que nenhuma orientação fosse dada aos mesmos para qualquer eventual avaria nos equipamentos. O único painel responsável em gerar energia para atender ao consumo do estabelecimento de ensino está instalado sem nenhum suporte, apenas sustentado por fios elétricos amarrados na estrutura de madeira do telhado de barro. A Figura 17 mostra a instalação do painel sobre o telhado da escola.



Figura 17. Estrutura de instalação do painel da escola São Jorge. Fonte: Autor

Atualmente, iluminação através de 5 lâmpadas de 5W e uma impressora multifuncional, fazem o consumo da carga fornecida pelo sistema gerador.

Os componentes dividem espaço com os funcionários, na sala da secretaria da escola, colocando em risco a segurança das pessoas que ali trabalham. Os funcionários não têm qualquer tipo de conhecimento dos riscos que este contato, quase que direto, oferece por falta de orientação básica, sobre o local correto que deve receber estes componentes. Foram encontrados sobre cadeiras usadas em sala de aula, sem qualquer tipo de iluminação e ventilação adequadas para o bom acondicionamento. Na Figura 18, as condições em que estão instalados estes equipamentos podem ser verificadas.



Figura 18. Condições de instalação dos equipamentos do sistema da escola. Fonte: Autor

Quando verificados os cabeamentos que conectam os componentes e o painel solar, detectaram-se fios remendados, sem isolamento elétrica, enrolados sobre a bateria oferecendo sérios riscos de curtos circuitos. Na Figura 19 é possível verificar esta realidade de instalação.



Figura 19. Fios elétricos expostos sobre a bateria. Fonte: Autor

O microssistema não apresenta componentes de proteção para as pessoas e equipamentos contra surtos que possam vir acontecer como, por exemplo, disjuntores. É uma problemática evidente que viola as regras de segurança mínimas quando se lida com serviços de eletricidade. A manutenção não ocorre regularmente e qualquer intervenção é feita por um dos comunitários, somente quando o sistema deixa de funcionar. A preocupação quanto à limpeza dos módulos é inexistente entre os funcionários da escola.

Na região do Tapará também se verificou um considerável número de microssistemas instalados nas residências daqueles moradores. Muitos servem de complemento para a utilização de energia elétrica, na iluminação e aparelhos eletrônicos, pois também são utilizados geradores para os mesmos fins, e há aqueles que são a única alternativa de obtenção de eletricidade para seus domicílios. Geralmente, são microssistemas compostos por 1 painel solar, 1 bateria, 1 inversor e 1 controlador, componentes estes adquiridos sem qualquer conhecimento prévio de estrutura de instalação, consumo de carga e acondicionamento. Nas Figuras 20, 21 e 22 é possível verificar residências às margens do rio Amazonas fazendo uso deste recurso energético nas comunidades Tapará Grande e Santana do Tapará.



Figura 20. Residência utilizando sistema de energia solar. Fonte: Autor



Figura 21. Residência utilizando sistema de energia solar. Fonte: Autor



Figura 22. Residência utilizando sistema de energia solar. Fonte: Autor

É frequente nestas localidades, mas não correto, que microssistemas como estes sejam instalados sem dimensionamento do quanto de potência será gerado pelos painéis e de quanto será consumido em corrente contínua e corrente alternada. Geralmente, são kits prontos de

sistema de captação de energia solar oferecidos pelas empresas do ramo na cidade ao ponto de serem adquirido pelos clientes sem atentar-se às especificações nominais que cada componente apresenta.

A aquisição se dá por incentivo de subsídios oferecidos pelo governo, através de empréstimos bancários, aos moradores da região de várzea, como é o caso destas comunidades que utilizam desta alternativa de geração de energia elétrica.

Na Figura 23 é possível verificar um padrão de instalação do painel solar sobre a residência como objeto de estudo para este tipo de aplicação. É possível verificar estrutura não apropriada para este tipo de sistema, consequência da falta de informação básica pelos próprios moradores, que na maioria dos casos só sabem que é um meio de garantir que a energia elétrica chegue em suas casas e assim, deixam de ter a garantia de um sistema mais eficiente. Geralmente, os painéis são colocados sobre os telhados sem qualquer armação que possa fixá-los, deixando-os soltos sobre a estrutura domiciliar.



Figura 23. Estrutura de instalação do painel solar em sistemas domiciliares. Fonte: Autor

Verificou-se que muitas destas instalações não atendem normas padrões, como a orientação do módulo voltado ao norte, para esta localização da região no hemisfério Sul, que garanta uma operação adequada e eficiente de geração máxima de energia ao longo do dia e, inclinação variando entre 10° e 15°.

Quando observados equipamentos que fazem o consumo da carga, identificou-se aparelhos de alta potência nominal como, por exemplo, freezer fazendo uso do que é fornecido por um painel de baixa potência na faixa de 48Wp a 135Wp. Esta situação implica em componentes queimados, baterias operando fora de sua capacidade, que somados ao acondicionamento resultam em sistemas fora de funcionamento ou perda da vida útil dos aparelhos. A Figura 24 apresenta as condições de armazenamento destes componentes na residência.

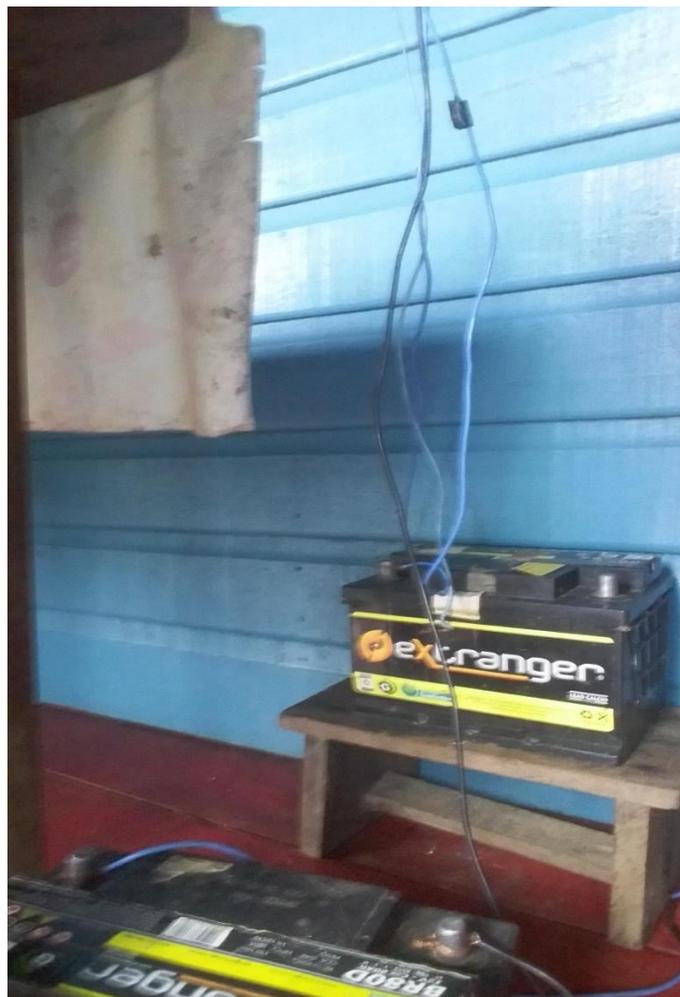


Figura 24. Condições de armazenamento de baterias em uma residência visitada. Fonte: Autor

Os resultados desta pesquisa levaram ao diagnósticos de alguns dos sistemas instalados, implantados por políticas públicas, particulares ou organizações voltadas ao trabalho de desenvolvimento comunitário na região, sendo possível encontra-los em operação. É ainda pertinente comentar que muitas das problemáticas encontradas poderiam ser evitadas se tivessem sido estudadas e avaliadas antes de qualquer implantação, conhecendo a área de aplicação, dimensionamento dos equipamentos, consumo de carga, e tendo o mínimo de entendimento sobre a energia solar fotovoltaica.

A partir das informações apuradas, os sistemas observados foram encontrados em condições mínimas de funcionamento para os casos das instalações para atender à pousada, ao filtro e o centro de saúde de Tapará Grande; em funcionamento, mas com equipamentos operando parcialmente para instalações que atendem ao serviço de telefonia, a escola São Jorge e residência das comunidades Tapará Grande e Santana do Tapará, respectivamente. Não foram encontrados sistemas fora de operação, ou seja, com falhas totais nas comunidades visitadas. Ainda foi possível verificar que o único sistema que apresenta aterramento, servindo de proteção dos componentes contras intempéries e às pessoas, é o da pousada da comunidade Anã.

Diante do que foi apresentado e tomando como análise os resultados obtidos, pode ser justificável que todas estas avarias encontradas sejam da falta de estudo de viabilidade de implantação ainda que se tenha recurso energético, quando se tem radiação solar favorável e, por falta de capacitação adequada a quem manuseia ou faz uso do sistema implantado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho de conclusão de curso foram apresentadas as principais problemáticas de funcionamento de sistemas fotovoltaicos autônomos na região rural de Santarém, cuja exploração do assunto ocorreu através de visita diretamente às comunidades ribeirinhas nas margens dos Rios Amazonas e Arapiuns.

As falhas em sistemas fotovoltaicos incidem sobre a vida, a subsistência e comodidade das pessoas afetadas com reflexos diretos na educação (escolas), saúde (postos de saúde), religião (igrejas) e socialização (residências) dos ribeirinhos atendidos por estes sistemas, os quais já veem como necessidade ter esta alternativa como fonte de energia e, conseqüentemente, para o desenvolvimento de sua comunidade. Se há problemas, o sistema para e interrompe o desenvolvimento dos que dele vivem.

Conhecendo esta realidade e a atual situação da matriz energética brasileira é que se vê espaço para a inserção de outras formas de geração de energia elétrica no país, sejam elas aplicadas nos grandes centros das cidades ou em comunidades geograficamente isoladas.

Este trabalho revelou a diversidade de aplicações da energia solar dentro da região do município de Santarém – comunitárias, domiciliares ou telecomunicações. Entretanto, técnicas para garantir bom funcionamento e, conseqüentemente, boa eficiência do sistema têm-se mostrado ausentes na maioria dos casos.

Através da pesquisa *in loco*, que se colocou a apurar tais problemáticas, foi possível diagnosticar avarias conseqüentes da falta de estudo prévio e conhecimentos básicos de manuseio do sistema.

A iniciativa de estudar uma parte do universo de implantação de sistemas fotovoltaicos isolados na região levou ao conhecimento das condições atuais destes sistemas, já que a maioria das aplicações não segue a norma padronizada de estrutura, manutenção e operação de sistemas de captação de energia solar.

Assim, o presente trabalho, propôs-se a diagnosticar tais ocorrências que divergem do que a literatura diz a ser seguida. Para tal, sistemas *off-grid* domiciliares e de telecomunicações

foram as linhas de pesquisa para os resultados apresentados. Diante disso, foram encontradas avarias nas condições de armazenamento dos equipamentos, nos cabeamentos que fazem as ligações entre os componentes do sistema, nas estruturas de implantação dos painéis fotovoltaicos que não seguem a orientação voltada ao norte e, falhas humanas que vão desde a instalação até ao manuseio correto do sistema, sendo caracterizados pela falta de conhecimento sobre o recurso energético solar ainda pouco discutido. Logo, de forma a proporcionar conhecimentos, por meio de estudo no tema, também se faz necessário pontuar a relevância do tema explorado na região do município, abordando assuntos ainda, talvez, não discutidos. Com estes resultados encontrados, há agora possibilidades de ações que visem minimizar tais problemáticas na região. A seguir são colocados algumas.

- Capacitação junto aos comunitários quanto ao uso adequado de aparelhos nos sistemas instalados, manutenção básica e normas de segurança;
- Minicursos de instalações de microssistemas domiciliares;
- Ajuste dos sistemas já instalados, garantindo eficiência quanto a geração de energia pelos painéis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>> Acesso em: 15 de abril de 2017.
- [2] BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 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. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 28 de março de 2017.
- [3] BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 493 de 05 de junho de 2012**. Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microsistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica – MIGDI ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente – SIGFI. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012493.pdf>>. Acesso em: 28 de março de 2017.
- [4] BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 28 de março de 2017.
- [5] COPETTI, Jacqueline B.; MACAGNAN, Mario H. **Baterias em Sistemas Solares Fotovoltaicos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 1., 2007, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2007.
- [6] CORTEZ, Ramiro José M. **Sistema de Seguimento Solar em Produção de Energia Fotovoltaica**. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia eletrotécnica e de computadores) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.
- [7] GALDINO, M. A; LIMA, J. H. G. PRODEEM – **Programa Nacional de Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar Fotovoltaica**. CEPTEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Congresso Brasileiro de Energia, 2002.
- [8] GORE, A. **Nossa escolha: um plano para solucionar a crise climática. Our choice: a plan to solve the climate crisis**. Barueri, SP: Manole, 2010.
- [9] Grupo de Trabalho de Energia Solar. GETS. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel, 2014.
- [10] HALMENAN, Radames J. **Desenvolvimento de um sistema porá monitoramento remoto em centrais de microgeração fotovoltaica**. 2014. 202 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.
- [11] HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

- [12] LOSCHI, Hermes J. **Compreendendo um sistema fotovoltaico: uma abordagem didática conceitual**. 1. ed. São Paulo: Barauna, 2015.
- [13] MESSENGER, R.; VENTRE, J. **Photovoltaic Systems Engineering**. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- [14] NETO, José C. **A energia solar como uma vantagem competitiva em empresas industriais na Amazônia – Ganhos de eficiência da empresa e preferências do consumidor**. 2010. 98f. Dissertação (Mestrado em gestão de empresas). Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2010.
- [15] NETO, João M. **Metodologia Científica na era da informática**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.
- [16] PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.
- [17] SILVA, Rutelly M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos.
- [18] SEGUEL, Julio Igor L. **Projeto de um sistema fotovoltaico de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital**. 2009. 222 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte, 2009.
- [19] SUNDATA – **Base de dados sobre radiação solar no Brasil do CRESESB**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>> Acesso em: 15 de abril de 2017.
- [20] SUN RIO Energia Solar. Disponível em: <<http://www.sunrioenergiasolar.com.br>> Acesso em: 23 de abril de 2017.
- [21] VILLALVA, Marcelo G.; GAZOLI, Jonas R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**: 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2012.
- [22] ICMBio - **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasileiros/amazonia/unidades-de-conservacao-amazonia/2045-resex-tapajos-arapiuns>>. Acesso em: 17 de abril de 2017.
- [23] IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pa/santarem/panorama>>. Acesso em: 17 de abril de 2017.
- [24] Projeto Saúde e Alegria. Disponível em: <<http://www.saudeealegria.org.br>>. Acesso em: 20 de abril de 2017

APÊNDICE I

QUESTIONÁRIO

Comunidade: _____

1) Há quanto tempo o sistema está instalado?

2) Qual é o intervalo de tempo de manutenção no sistema fotovoltaico? Quais as principais falhas encontradas?

3) Consumo de energia por equipamento

Quantidade	Equipamento	Potência	Hora/dia

4) Quantidade e especificações dos componentes

Componente	Quantidade	Potência (W)	Tensão (V)	Corrente (A)
Painel solar				
Bateria				
Controlador de carga				
Inversor				

5) Substituição de componentes

Componente	Sim	Não	Quantas vezes?
Painel Solar			
Bateria			
Controlador de carga			
Inversor			

6) Havendo a substituição dos componentes, o que levou a se realizar esta substituição?

7) O sistema instalado atende a demanda de energia necessária?

8) Existem responsáveis em manusear e/ou operar o sistema? Se sim, são profissionais capacitados ou recebem capacitação para tal atividade?

9) Existem dificuldades para manter o sistema em bom estado de funcionamento? Se sim, quais são?
