



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PAULO DANIEL DA CUNHA

**A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS IMPACTOS NA CIDADE DE ALTO
DO RODRIGUES/RN.**

ANGICOS

2022

PAULO DANIEL DA CUNHA

**A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS IMPACTOS NA CIDADE DE ALTO
DO RODRIGUES/RN.**

Monografia apresentada à
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Joselito Medeiros
de Freitas Cavalcante

ANGICOS

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D961e DA CUNHA, PAULO DANIEL.
A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS IMPACTOS
NA CIDADE DE ALTO DO RODRIGUES/RN. / PAULO DANIEL
DA CUNHA. - 2022.
48 f. : il.

Orientador: Joselito Medeiros de Freitas
Cavalcante.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2022.

1. Energia elétrica. 2. Energia Solar
Fotovoltaica. 3. Contas de energia. I. Medeiros
de Freitas Cavalcante, Joselito, orient. II.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PAULO DANIEL DA CUNHA

**A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS IMPACTOS NA CIDADE DE ALTO
DO RODRIGUES/RN.**

Monografia apresentada à
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 28/11/2022.

BANCA EXAMINADORA

Joselito Medeiros de Freitas Cavalcante, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. Damilson Ferreira dos Santos (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. Dr. Ângelo Márcio Formiga de Almeida (UFS)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho de pesquisa contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais eu agradeço:

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, criador de todas as coisas, sem Ele nada seria possível.

Agradeço ao meu orientador Joselito Medeiros de Freitas Cavalcante por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa me dando todo o auxílio necessário.

A todos os meus professores do curso de Ciência e Tecnologia que participaram ativamente da minha formação.

Aos meus pais Paulo Lindomar da Cunha e Djanira Francisca de Jesus que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

A minha noiva Elane Bezerra pela compreensão, colaboração e amor durante todo o período acadêmico.

A todos o meu muito obrigado.

"Eu prefiro ter perguntas que não podem ser respondidas a ter respostas que não podem ser questionadas".

Richard Feynman

RESUMO

A energia elétrica pode ser considerada um dos pilares mais importantes para o desenvolvimento social, econômico e político do mundo, tendo a necessidade de economizar e de possuir alternativas mais limpas e sustentáveis, surge a energia solar fotovoltaica e o principal foco deste trabalho, que é apresentar os impactos desse tipo de energia em diversas situações, tendo-a como uma grande aliada na diminuição das contas de energia, gerando uma melhor qualidade de vida, tanto econômica, quanto ambiental. Assim, serão analisados os resultados, positivos ou negativos, que esse tipo de energia pode gerar, identificar a porcentagem de diminuição que ela terá na conta de energia, e de forma objetiva apresentar esses resultados. Será realizada uma análise em contas de energia em diferentes situações, outro procedimento será pesquisar e sondar, também, bibliografias, artigos acadêmicos, além de pesquisas em sites. Com a pesquisa realizada através do Google Forms com os proprietários de 02 (duas) residências e 01 (um) comércio chegou-se a alguns resultados importantes, que são eles, a significativa diminuição nas contas mensais de energia elétrica e outros impactos ambientais e econômicos na cidade de Alto do Rodrigues/RN.

Palavras-chave: Energia elétrica. Energia Solar Fotovoltaica. Contas de energia.

ABSTRACT

Electric energy can be considered one of the most important pillars for the social, economic and political development of the world, with the need to save and to have cleaner and more sustainable alternatives, photovoltaic solar energy appears and the main focus of this work, which is present the impacts of this type of energy in different situations, having it as a great ally in reducing energy bills, generating a better quality of life, both economic and environmental. Thus, the results, positive or negative, that this type of energy can generate will be analyzed, identify the percentage of decrease that it will have in the energy bill, and objectively present these results. An analysis will be carried out on energy bills in different situations, another procedure will be to search and probe bibliographies, academic articles, as well as research on websites. With the research carried out through Google Forms with the owners of 02 (two) residences and 01 (one) business, some important results were reached, which are, the significant decrease in the monthly electricity bills and other environmental and economic impacts in the city of Alto do Rodrigues/RN.

Keywords: Electricity. Photovoltaic Solar Energy. Energy bills.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Estrutura do sol.....	15
Figura 2 –	Representação dos eventos -chave no desenvolvimento das células fotovoltaicas.....	17
Figura 3 –	Crescimento da capacidade instalada de Energia Solar fotovoltaica no mundo.....	18
Figura 4 –	Diagrama representativo de um sistema fotovoltaico isolado alimentando cargas CC e CA.....	19
Figura 5 –	Diagrama representativo de um sistema fotovoltaico híbrido.....	20
Figura 6 –	Diagrama representativo de um sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica de distribuição.....	20
Figura 7 –	Representação de uma célula fotovoltaica.....	22
Figura 8 –	Célula fotovoltaica de silício monocristalina.....	23
Figura 9 –	Fatores que limitam a eficiência de uma célula fotovoltaica.....	24
Figura 10 –	Tipos de baterias.....	25
Figura 11 –	Tipos de inversor.....	25
Figura 12 –	Controlador de carga.....	26
Figura 13 –	Contra surtos.....	26
Figura 14 –	Localização de Alto do Rodrigues no Rio Grande do Norte.....	27
Figura 15 –	Vista aérea de Alto do Rodrigues.....	30
Figura 16 –	Gráfico com número aproximado de edifícios em Alto do Rodrigues/RN.....	34
Figura 17 –	Gráfico com tempo estimado para retorno do investimento 01.....	35
Figura 18 –	Gráfico com tempo estimado para retorno do investimento 02.....	43
Figura 19 –	Gráfico com tempo estimado para retorno do investimento 03.....	38
Figura 20 –	Gráfico exibindo porcentagem dos sistemas de energia solar que já apresentaram algum problema.....	39

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.2	Objetivo Geral.....	12
1.3	Objetivos específicos	12
1.4	Justificativa	12
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1	Energia Solar.....	14
2.2	Energia Solar Fotovoltaica e o efeito Fotovoltaico.....	15
2.2.1	Tipos De Sistema Fotovoltaico.....	18
2.2.2	Células e Módulos e Fotovoltaicos.....	21
2.2.3	Bateria.....	25
2.2.4	Inversor.....	25
2.2.5	Controlador de carga.....	27
2.2.6	Contra surtos.....	28
2.3	Vantagens e desvantagens.....	29
3.	METODOLOGIA.....	30
4.	PESQUISA E ANÁLISE DE CASOS.....	31
4.1	Características do local de estudo.....	31
4.1.2	Problemas ambientais no Município.....	32
4.2	Fase de observação.....	33
4.2.1	Análise e resultados.....	35
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
7.	ANEXO A – VISTA DE SATÉLITE DE ALTO DO RODRIGUES.....	45
8.	APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA.....	49

1. INTRODUÇÃO

É por meio da energia solar que temos acesso a inúmeras coisas que resultam em nosso bem estar durante toda a vida, como, iluminação, eletrodomésticos e eletrônicos que utilizamos a todo momento, sendo assim, a eletricidade é algo primordial para a sociedade atual, que está diretamente ligada aos novos meios de comunicação e conhecimento.

Dessa forma, a busca por novos produtores de energia tem se tornado cada vez mais necessária, sendo ocasionada por dois fatores bastante relevantes, a diminuição das chuvas, o que conseqüentemente leva a redução da energia gerada por hidrelétricas, aumentando, consideravelmente, os valores nas contas de energia dos brasileiros, e também, pela necessidade de explorar recursos naturais que tragam sustentabilidade.

Diante disso, a energia solar fotovoltaica apresenta-se como uma tecnologia promissora, limpa e renovável, para a produção de eletricidade, já que, seu funcionamento não tem emissões que prejudicam o meio ambiente, como também, é um recurso renovável. Outras vantagens são a longa durabilidade dos equipamentos e a baixa necessidade de manutenção, sem falar na redução de até 90% na conta de energia.

O sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica fundamenta-se no uso de painéis solares que captam a luz e, através do efeito fotovoltaico, geram a energia elétrica, que é convertida pelo inversor solar de corrente contínua para alternada, e então, a eletricidade é distribuída. Essa produção de energia limpa é de fato uma inovação promissora, tanto para as residências, como também para os grandes comércios, empresas e indústrias, que possuem um fluxo maior no uso da energia elétrica, gerando assim, uma conta maior no final do mês.

1.1 OBJETIVOS

Esse trabalho foi dividido em objetivo geral e objetivos específicos conforme pode ser observado a seguir.

1.2 Objetivo Geral

Levando em conta, a importância da energia solar fotovoltaica e os seus impactos na redução da conta de energia, o principal foco deste trabalho é compreender e apresentar esses impactos em diversas situações, tendo, a energia solar fotovoltaica como uma grande aliada na diminuição das contas de energia, gerando uma melhor qualidade de vida, tanto econômica, quanto ambiental.

1.3 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos têm-se:

- Analisar os resultados, positivos ou negativos, que esse tipo de energia pode gerar.
- Identificar a porcentagem de diminuição que ela terá na conta de energia.
- E apresentar esses resultados à população, para que assim possam compreender o importante papel que a energia solar fotovoltaica poderá trazer em um futuro próximo.

1.4 Justificativa

Como mencionado anteriormente, há uma crescente busca por novas fontes alternativas de energia devido aos impactos socioambientais negativos das tecnologias energéticas tradicionais que utilizam combustíveis fósseis.

O Brasil considera as usinas hidrelétricas como a principal fonte de energia. No entanto, com o crescimento da população, o aumento da indústria e da agricultura, o consumo de energia aumentou abundantemente no país, além disso, secas frequentes levaram a uma crise hídrica, o que prejudicou o abastecimento energético do país.

Um dos principais motivos é que, em épocas de seca, os reservatórios das hidrelétricas, responsáveis pela maior parte da produção de energia elétrica do país,

diminuem. Como resultado, a geração de energia sofre e os consumidores também são cobrados com contas adicionais de energia elétrica.

Assim, fica clara a necessidade de novos produtores de energia, tanto para redução da conta de energia quanto para um ambiente mais sustentável. Assim, a energia do sol ganha potência no uso de sistemas fotovoltaicos que surpreendentemente reduzem o valor da conta de energia e não poluem o meio ambiente.

Portanto, o estudo dá-se para apresentar o sistema solar fotovoltaico como fonte promissora de energia, tendo impactos significativos tanto nas contas de energia, como também em outros aspectos da população da cidade de Alto do Rodrigues/RN.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

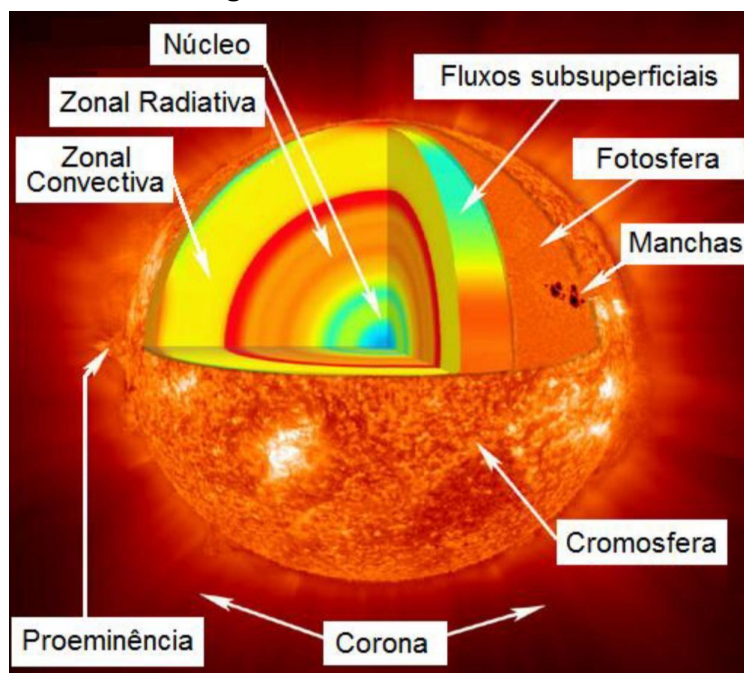
2.1 Energia Solar

A fonte de energia primária encontra-se diretamente na natureza, e outra característica dela é não ter sofrido nenhum processo de transformação. Com isso, temos 08 tipos de fontes primárias, sendo elas, combustíveis fósseis, radiação solar, ventos, recursos hídricos, biomassa, elementos radioativos, geotermas e oceanos.

Constata-se que, temos várias grandes fontes de energia primária disponíveis, mas vamos discutir uma das fontes de energia mais promissoras do mercado hoje, a energia solar. Entende-se que o sol é a maior fonte primária de energia renovável da Terra e, por fornecer muito calor e luz, é responsável pelo desenvolvimento e pela vida na Terra.

A energia gerada no interior do Sol leva um milhão de anos para chegar à superfície e a cada segundo 700 milhões de toneladas de hidrogênio são convertidas em cinza de hélio. Durante este processo 5 milhões de toneladas de energia pura são liberadas. Dessa forma, o Sol irradia energia por todas as direções e uma pequena fração atinge a Terra, aquecendo-a e controlando o sistema climático global (HAMILTON, 1997).

Parte da energia solar que atinge a Terra, bate na atmosfera e nas nuvens e retorna ao espaço. Considerando a radiação solar que atinge a superfície da Terra e incide na superfície receptora para gerar energia, dá-se que ela é composta por uma componente direta e uma componente difusa. A radiação direta é a radiação que vem diretamente do sol e produz sombras nítidas. Já a difusa é aquela proveniente de todas as direções e que atinge a superfície após sofrer espalhamento pela atmosfera terrestre. Destaca-se que ainda que o dia esteja totalmente sem nuvens, pelo menos 20% da radiação que atinge a superfície é difusa. Já em um dia totalmente nublado, não há radiação direta, e 100% da radiação é difusa.

Figura 01 – Estrutura do sol**Fonte:**

<http://theuniversalmatrix.com/pt-br/artigos/wp-content/uploads/2011/12/SolEstrutura-Interna.png>

2.2 Energia Solar Fotovoltaica e o efeito Fotovoltaico

A atmosfera terrestre é atingida anualmente por $1,5 \times 10^9$ TWh de energia solar, o que corresponde a 10.000 vezes o consumo mundial de energia neste período. Além de ser responsável pela manutenção da vida na Terra, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, havendo um enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outras formas de energia (térmica, elétrica, etc.) (CEPEL CRESESB, 2014).

Como foi visto anteriormente, uma das formas de aproveitar a energia solar é a Energia Solar Fotovoltaica. Essa forma de energia é obtida através do efeito fotovoltaico que ocorre em dispositivos conhecidos como células fotovoltaicas. Estas células são componentes optoeletrônicos que convertem diretamente a radiação solar em eletricidade. São basicamente constituídas de materiais semicondutores, sendo o silício o material mais empregado (CRESESB, 2006).

A origem da energia solar deu-se em 1839, após a pesquisa do físico francês Alexandre Edmond Becquerel, que descobriu o efeito fotovoltaico, e com a criação da primeira célula fotovoltaica em 1883, por Charles Fritts. Sendo que o primeiro

dispositivo fotovoltaico foi desenvolvido em 1876, porém somente em 1956 que se iniciou sua produção industrial devido à “corrida espacial”, que buscava o fornecimento de energia durante os períodos que estavam no espaço e também para a manutenção dos satélites entre os anos 1960 e 1970.

Outras empresas também se interessaram pela busca da conversão da luz solar em energia elétrica, como as empresas de telecomunicação, com o objetivo de abastecer sistemas instalados em locais remotos. Abaixo temos uma linha do tempo do desenvolvimento de células fotovoltaicas no mundo.

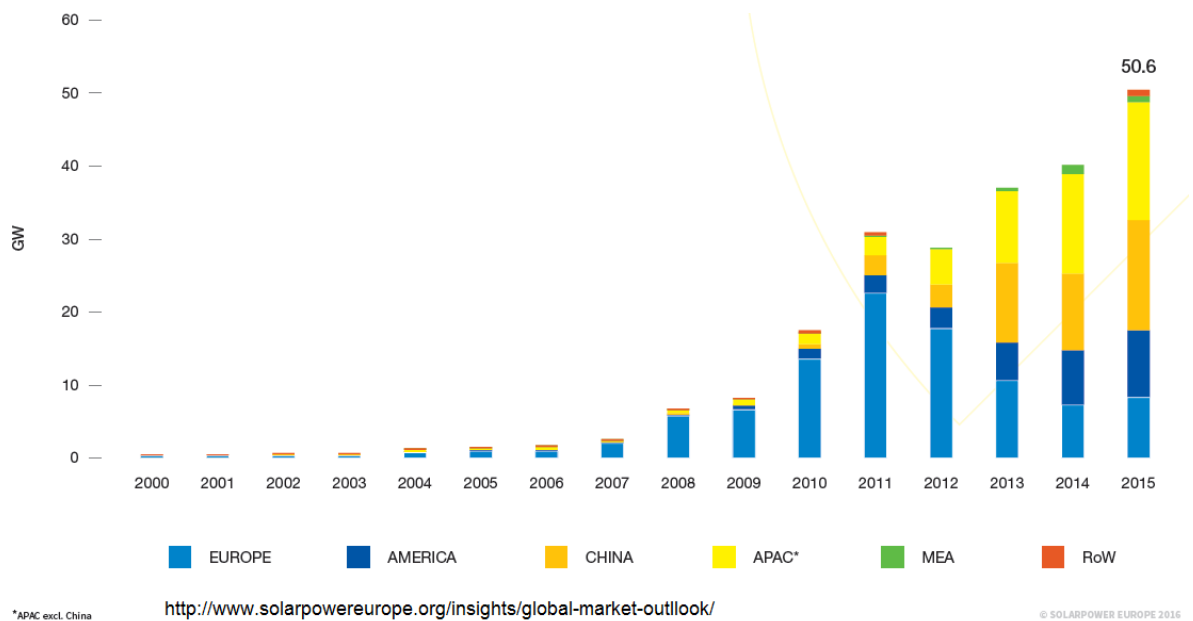
Figura 2 - Representação dos eventos-chave no desenvolvimento das células fotovoltaicas.

Fonte: Adaptado de (FERREIRA, 1993)

A crise energética de 1973 também contribuiu para a expansão da energia solar, porém, o custo das baterias usadas apenas para exploração espacial na época ainda era alto, dificultando o uso durante a crise.

Essa expansão também toca as questões ambientais dos anos de 1990, que, no Protocolo de Kyoto, concordou em reduzir as emissões de gases de efeito estufa e conseqüentemente do aquecimento global. Com isso, políticas de governo foram criadas na Alemanha e no Japão resultando em aumentos substanciais no desenvolvimento dessa tecnologia e conseqüentemente do mercado da energia solar.

Figura 3 - Crescimento da capacidade instalada de Energia Solar Fotovoltaica no mundo.



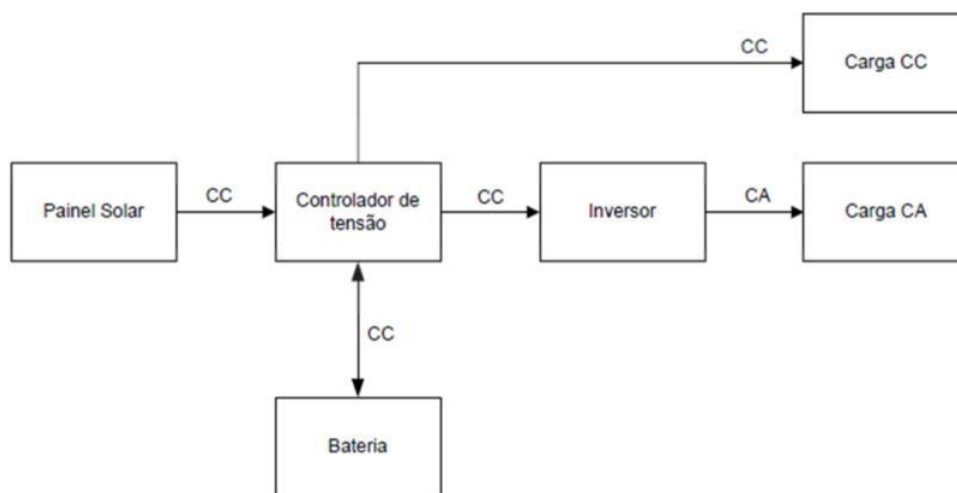
2.2.1 Tipos de Sistema Fotovoltaico

Não existe apenas um tipo de sistema fotovoltaico, com isso, cada um pode ser usado em uma determinada situação, assim, eles podem ser divididos em:

- Sistema isolado (ou autônomo)
- Sistema híbrido
- Sistema conectado à rede de distribuição

Os sistemas isolados ou autônomos para geração de energia solar fotovoltaica são caracterizados por não se conectarem a nenhuma rede elétrica. O sistema abastece diretamente os aparelhos que utilizarão a energia e são geralmente construídos com um propósito local e específico. Na Figura 04 é apresentada a operação de um sistema isolado alimentando cargas CC e CA.

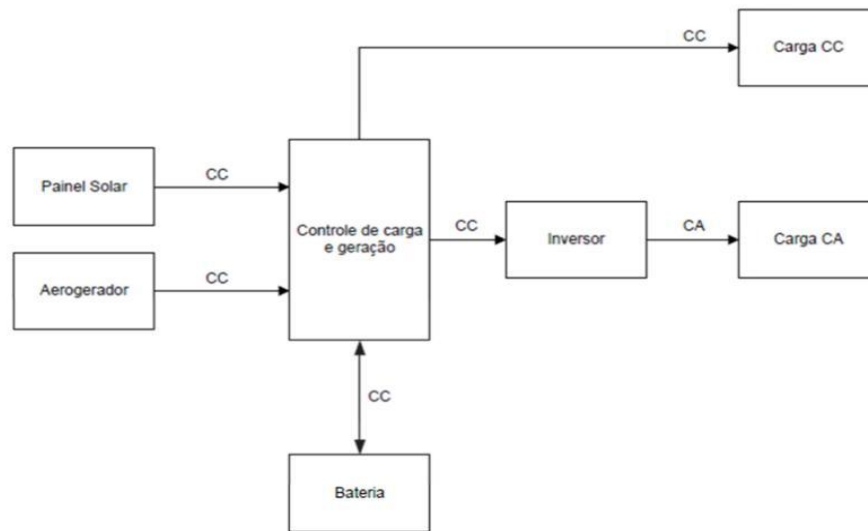
Figura 04 - Diagrama representativo de um sistema fotovoltaico isolado alimentando cargas CC e CA



Fonte:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/169263/001049569.pdf?sequence=1>.

Já os sistemas híbridos são os sistemas isolados operando em conjunto com outros geradores, como os eólicos e a gasolina. Essa agregação pode ser mais favorável do que um sistema operando isoladamente, já que, há uma redução da potência instalada de painéis solares, diminuindo assim, os custos totais. Na Figura 05 ilustra-se a operação de um sistema híbrido, em que a energia solar atua em conjunto com a energia eólica.

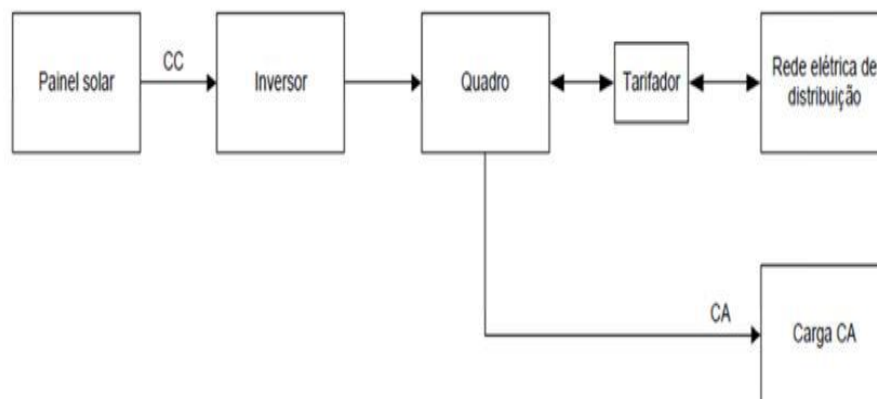
Figura 05 - Diagrama representativo de um sistema fotovoltaico híbrido

Fonte:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/169263/001049569.pdf?sequence=1>.

Outro modo de operação de um sistema fotovoltaico é o interligado à rede elétrica de distribuição, que é um conjunto de equipamentos capaz de transformar a energia do sol em energia elétrica e “jogá-la” na rede elétrica de energia. Assim, os painéis fotovoltaicos atuam como uma fonte de energia complementar ao sistema elétrico que estão conectados. Desta forma, nota-se que o sistema não necessita de um componente para armazenamento de energia, reduzindo significativamente o investimento. Na Figura 06 tem-se a representação desse sistema.

Figura 06 - Diagrama representativo de um sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica de distribuição



Fonte:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/169263/001049569.pdf?sequence=1>.

2.2.2 Células e Módulos e fotovoltaicos

Entende-se que as células fotovoltaicas são dispositivos feitos de materiais semicondutores que convertem a energia luminosa do sol ou de outras fontes de luz em eletricidade. Os semicondutores são caracterizados pela presença de duas bandas de energia: a banda de valência (com elétrons) e a banda de condução (completamente "vazia", sem elétrons).

O semicondutor mais utilizado na fabricação das células é o silício. Seus átomos são caracterizados por quatro elétrons, que estão conectados entre si e formam uma rede cristalina. Ao se vincular a átomos, como o fósforo, por exemplo, que possui cinco elétrons de ligação, haverá um elétron em excesso que não poderá ser emparelhado, e permanecerá sozinho. Este elétron isolado possuirá uma fraca ligação com o átomo de origem, bastando um pouco de energia térmica, para que o mesmo se livre, e migre para a banda de condução. Diz-se assim, que o fósforo é um dopante doador de elétrons e denomina-se dopante N ou impureza N.

Átomos com apenas três elétrons ligados, como o boro, também podem ser introduzidos. Nesse caso, faltaria um elétron para satisfazer a ligação com o átomo de silício da rede. Essa falta de elétrons é chamada de buracos ou lacuna e, enquanto houver muito pouca energia térmica, um elétron de um espaço vizinho

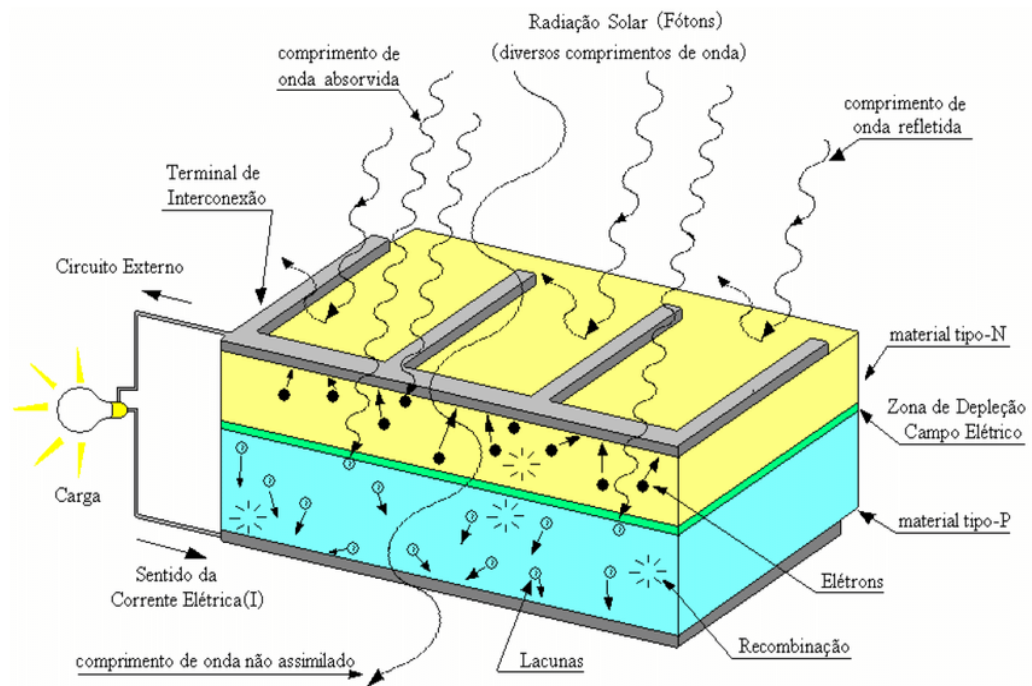
pode passar a esta posição, fazendo com que o buraco se desloque. Assim, o boro é conhecido como um aceitador de elétrons ou um dopante P

Colocando-se átomos de boro em uma metade de um silício puro e átomos de fósforo na outra metade, será formado o que se chama junção PN. Nessa junção, elétrons livres do lado N passam para o lado P, onde encontram os buracos que os capturam. Esse fato acarreta em um acúmulo de elétrons no lado P, tornando-o negativamente carregado e uma redução de elétrons do lado N, que o faz eletricamente positivo. Essas cargas aprisionadas dão origem a um campo elétrico permanente que dificulta a passagem de mais elétrons do lado N para o lado P. Esse processo alcança um equilíbrio quando o campo elétrico forma uma barreira capaz de barrar os elétrons livres remanescentes no lado N.

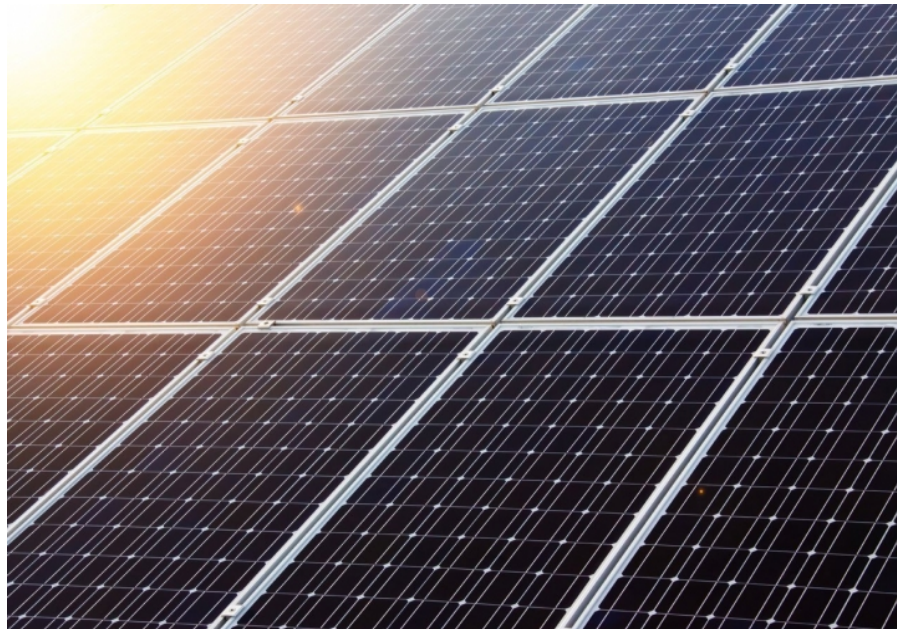
Se uma junção PN for exposta a fótons com energia maior que a energia de gap (energia mínima necessária para que um elétron se desloque da banda de valência à banda de condução), ocorrerá a geração de pares de elétrons e lacunas. Se isso acontecer na região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas serão aceleradas, e conseqüentemente haverá uma corrente através da junção. O efeito fotovoltaico é esse deslocamento de cargas, ocasionado por uma diferença de potencial. Portanto, se as duas extremidades do silício forem conectadas por um fio, haveria uma circulação de elétrons (CEPEL-CRESESB, 2014).

Como mencionado anteriormente, o material mais utilizado na construção das células é o silício, que é o segundo elemento mais abundante na Terra. Os principais tipos de células deste material no mercado são o silício monocristalino e o silício policristalino.

As células de silício monocristalinas são cerca de 2% mais eficientes que as policristalinas, contudo estas últimas são mais baratas, já que exigem um processo de preparação das células menos rigoroso. Quanto às células de silício amorfo, estas possuem uma eficiência menor, e necessitam de uma área de instalação maior. Por outro lado, possuem um processo de fabricação simples e barato, e são mais resistentes ao efeito do sombreamento e altas temperaturas (CUNHA, 2006).

Figura 7 - Representação de uma célula fotovoltaica

Fonte: GHENSEV, 2006

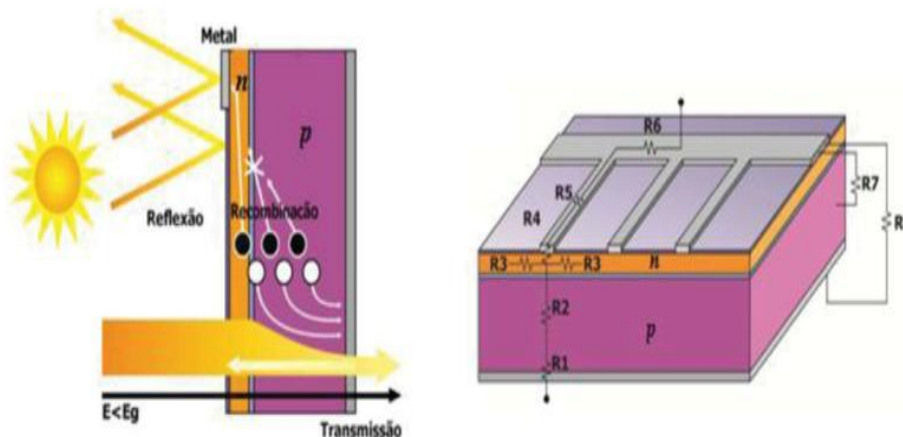
Figura 8 - Célula fotovoltaica de silício monocristalina

Fonte: Mundo da elétrica

Abaixo veremos as condições que podem atrapalhar a eficiência de conversão de uma célula fotovoltaica:

- reflexão na superfície frontal;
- sombra proporcionada pela área da malha metálica na face frontal;
- absorção nula de fótons de energia menor que do que o gap ($E_f < E_g$);
- baixa probabilidade de coleta, pela junção pn, dos portadores de carga gerados fora da zona de carga espacial;
- recombinação dos portadores de carga, isto é, o “reencontro” dos elétrons e lacunas em impurezas e defeitos do material e resistência elétrica no dispositivo e nos contatos metal-semicondutor, bem como possíveis caminhos de fuga da corrente elétrica (resistência em paralelo).

Figura 9 - Fatores que limitam a eficiência de uma célula fotovoltaica



Fonte: MOEHLECKE, 2005.

Além das células feitas de silício, existem também as células feitas de Gálio Arsênio (GaAs). Esse material é utilizado para a produção das células de alta eficiência, usadas especialmente na tecnologia espacial (PER, 2009).

Atualmente, existem outras tecnologias de células solares sendo desenvolvidas, principalmente, para reduzir os custos e aumentar a eficiência da geração da energia fotovoltaica.

Uma única célula de silício produz uma corrente CC entre 3A e 5A e uma tensão de saída de aproximadamente 0,7V. Por esse motivo é necessário agrupar

várias células em série e/ou paralelo para que os valores de tensão e corrente sejam adequados às aplicações desejadas. A combinação de células em série e/ou paralelo forma um módulo fotovoltaico, e a combinação destes módulos, também em série e/ou paralelo, dão origem ao painel fotovoltaico.

2.2.3 Bateria

A bateria, que pode ser definida como um dispositivo de armazenamento de energia elétrica de corrente direta (DC). Há diversos modelos de baterias existentes no mercado, como demonstrado na Figura 10. Até mesmo os sistemas FV conectados à rede de distribuição de energia elétrica frequentemente podem se beneficiar de um sistema de armazenamento em baterias, em que a falta de energia é uma preocupação (PHILIPPI JR. et al., 2016).

Os sistemas de energia solar que utilizam banco de baterias como fonte de alimentação, necessitam de controlador de carga para administrar a carga e descarga das baterias, pois o controlador oferece controle para facilitar a máxima transferência de energia do módulo fotovoltaico ao banco de baterias, ainda protege as baterias de cargas ou descargas excessivas. Os controladores de carga devem ser compatíveis com a tensão do banco de baterias que se deseja carregar (GREENPRO, 2004).

Figura 10 - Tipos de baterias



Fonte: Portal Solar (2019).

2.2.4 Inversor

O inversor fotovoltaico, é um item indispensável no sistema de energia solar, é um conversor elétrico, cuja função é converter a energia de corrente direta (DC)

para corrente alternada (AC), para ser utilizada em eletrodomésticos, eletrônicos e outros dispositivos. Para cada tipo de sistema fotovoltaico deve ser utilizado o inversor que esteja de acordo com o sistema (BALFOUR, 2016).

Existem dois tipos de inversores solares, a capacidade de armazenar energia em baterias e a capacidade de interagir com a rede pública. O inversor solar ligado à rede é o modelo mais utilizado. O dispositivo tem a função de conectar um sistema fotovoltaico conectado à rede a uma rede residencial ou empresarial, assim são projetados para funcionar com a rede pública. Portanto, o dispositivo não pode funcionar como inversor autônomo, ou seja, não pode ser utilizado em um sistema não conectado à rede (isolado), pois o dispositivo precisa ser desligado na ausência de energia da rede pública, por exemplo, para evitar riscos durante a manutenção.

Já os inversores off-grid são utilizados em sistemas fotovoltaicos isolados, desconectados da rede, mais conhecidos como "sistemas off-grid" justamente pela capacidade de fornecer energia à carga sem a rede elétrica, dependendo apenas da bateria e da energia dos painéis.

O inversor off-grid pode fornecer energia diretamente para as cargas, retirando energia diretamente de um banco de baterias ou diretamente de painéis solares. Diante disso, um sinal elétrico de corrente alternada (CA) é produzido, fornecendo a potência elétrica aos aparelhos consumidores. Devido à falta de interação com o sinal de corrente alternada presente na rede, estes inversores não podem ser aplicados em sistemas on-grid (conectados à rede). O equipamento não foi projetado para operar em paralelo à rede pública, portanto, não apresentará bons resultados. Na Figura 11 é possível observar a variedade de modelos de inversores.

Figura 11 – Tipos de inversor

Fonte: <https://www.dexen.mx/inversores/inversores-solares/>

2.2.5 Controlador de carga

O controlador de carga regula, carrega e mantém a tensão da bateria, carga elétrica, inclui os eletrodomésticos e outros dispositivos que usam a energia gerada pelo sistema FV. As cargas elétricas podem ser DC ou AC. É possível ter os dois tipos de carga elétrica no mesmo sistema FV (PHILIPPI JR. et al., 2016).

O controlador de carga é um dos mais importantes componentes de um sistema fotovoltaico off-grid. Ele é o equipamento responsável por preservar a vida útil das baterias estacionárias, protegendo-as dos efeitos da sobrecarga ou descarga abrupta. Esse componente também é responsável por tornar o armazenamento da energia excedente mais eficiente, diminuindo perdas energéticas.

O controlador também tem o papel de determinar quando a bateria está fraca, além de proteger contra sobrecarga e curto-circuitos, além de ser capaz de medir a temperatura e a pressão do sistema, evitando danos por superaquecimento e acidentes.

Existem dois principais tipos de controladores de carga, os paralelos que derivam a corrente dos módulos para uma carga dissipativa, permitindo que o acumulador se mantenha em seu nível de carga máxima, os controladores em série interrompem a corrente que chega à bateria, dependendo da sua tensão.

E os em série que não dissipam calor e podem ser instalados em ambientes fechados e atender a diversas aplicações, incluindo as de maior porte. Já os

controladores paralelos causam aquecimento e, por isso, têm sua capacidade de trabalho limitada, sendo ideais para instalações fotovoltaicas menores.

Figura 12 - Controlador de carga



Fonte: <https://www.jmecosolar.com.br/controlador-de-carga-mppt-solar-40a-off-grid-ml2440>

2.2.6 Contra surtos

Um protetor contra surtos é um dispositivo que protege contra choques elétricos provenientes de curtos-circuitos e contra danos decorrentes das flutuações de energia (BALFOUR, 2016).

Figura 13 – Contra surtos



Fonte:

<https://zanettieletro.com.br/produto/dps-tr-dispositivo-de-protecao-contra-surtos-60ka-275v-1p/>

2.3 Vantagens e desvantagens

A energia solar apresenta diversas vantagens. De acordo com Braga (2008), a vantagem mais clara é não precisar pagar conta de luz, pois a luz solar é de graça. Esse modelo de geração de energia é limpo, já que não produz nenhum tipo de poluição, e é renovável.

Quanto ao sistema fotovoltaico, a vantagem para os módulos é a necessidade de mínima manutenção, já que sua vida útil é superior a 25 anos e possui uma fácil instalação, sem necessidade de peças móveis, desse modo, requer o mínimo de manutenção, somente limpeza dos painéis. A instalação é simples, não há consumo algum de combustível, é resistente a condições climáticas externas (granizo, vento, temperaturas e umidade), não causa impacto ambiental, permite aumentar a potência instalada através de incorporação de módulos adicionais, gera energia mesmo em dias nublados (NARUTO, 2017).

Firmino e Souza (2015) ressalta que, além de reduzir as perdas na transmissão e distribuição de energia, o investimento em linhas de transmissão e distribuição também é reduzido, pois a energia elétrica é consumida no ponto de produção, e fornece mais energia elétrica quando necessário (ex. uso de ar-condicionado é maior ao meio-dia, e conseqüentemente a produção de energia também é maior neste momento), não é necessária área física dedicada.

As desvantagens são que as células fotovoltaicas necessitam de tecnologia sofisticadas para a sua fabricação, o custo do investimento ainda é elevado e o rendimento real de conversão de um módulo é reduzido, face ao custo de investimento (NARUTO, 2017).

O custo de rendimento está relacionado ao índice de radiação, temperatura, cobertura de nuvens, etc., e um painel solar consome uma quantidade enorme de energia para ser fabricado, sendo que a energia para a fabricação de um painel solar pode ser maior do que a energia gerado por ele (SHAYANI, 2006). Outra desvantagem é a ineficiência de armazenamento de energia solar em comparação com combustíveis fósseis, energia hidrelétrica e biomassa.

3. METODOLOGIA

O procedimento metodológico utilizado para a coleta de informações a respeito do tema em questão caracterizou-se enquanto pesquisa bibliográfica. Tal atribuição deu-se por meio da utilização com base em artigos acadêmicos. Para tal, o presente estudo foi elaborado a partir de uma revisão da literatura relacionada aos sistemas fotovoltaicos, em que se visa analisar os sistemas fotovoltaicos e seus impactos na conta de energia. Além de pesquisas em sites para termos dados tanto quantitativos, como qualitativos.

Analizamos, também, a quantidade de edifícios na cidade de Alto do Rodrigues, situada no interior do Rio Grande do Norte e a 206,9 km da capital do estado. Após isso, foi feito um levantamento de imagens, via Google Earth, para avaliar o número de usuários de energia fotovoltaica e posteriormente foram aplicados questionários, via Google Forms, em algumas edificações escolhidas aleatoriamente.

4. PESQUISA E ANÁLISE DE CASOS

4.1 Características do local de estudo

Alto do Rodrigues é um município brasileiro situado no estado do Rio Grande do Norte. De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano 2021, sua população era estimada em 14.923 habitantes e a área territorial de 191.334 km². O município emancipou-se de Pendências através da Lei nº 2.859, de 28 de março de 1963.

Figura 14 – Localização de Alto do Rodrigues no Rio Grande do Norte



Fonte - https://www.wikiwand.com/pt/Alto_do_Rodrigues

De acordo com dados do IPEA do ano de 1996, o PIB era estimado em R\$ 8,15 milhões, sendo que 22,1 correspondia às atividades baseadas na agricultura e na pecuária, 10,8% à indústria e 67,1% ao setor de serviços. O PIB *per capita* era de R\$ 904,95. Em 2006, conforme estimativas do IBGE, o PIB havia evoluído para R\$ 168,191 milhões e o PIB *per capita* para R\$ 16.135,00. No setor agrícola, tem grande relevância a fruticultura irrigada, cuja produção é voltada para a exportação.

Nos últimos dez anos o setor industrial modificou-se completamente em função do desenvolvimento da exploração de petróleo e gás natural. Foi construída no município a Usina Termelétrica Jesus Soares Pereira, que se localiza na Comunidade São José, cujo projeto prevê capacidade nominal de 325 MW e produção de 610 t/h de vapor.

Portanto, o município possui um dos maiores potenciais econômicos da mesorregião do Vale do Açu, com recursos advindos do petróleo, da energia e da agricultura irrigada, além do comércio em desenvolvimento constante e prestação de serviços de boa qualidade.

4.1.2 Problemas ambientais no município

Em nosso município foram identificados alguns problemas que causam degradação ambiental. Vejamos a seguir:

A geração indiscriminada de Resíduos Sólidos, aliado ao descaso com alguns resíduos, causam riscos ao equilíbrio ambiental e à saúde pública, ao passo que, é considerada como um dos problemas ambientais mais preponderantes na atualidade.

O município dispõe de coleta regular de lixo, que é feita semanalmente, seguindo um roteiro determinado. A nossa cidade não dispõe de coleta seletiva, os resíduos sólidos gerados pela população, são disponibilizados no aterro sanitário semicontrolado. O lixo é depositado em pequenas valas e periodicamente são fechadas, com inúmeros impactos ambientais, tais como: proliferação de micro e macrovetores de doenças, poluição visual, alteração na qualidade do solo, depreciação de águas subterrâneas, contaminação dos catadores, entre outros.

Outro problema enfrentado no lixão da cidade está relacionado aos resíduos gerados nas atividades de abate de animais e preparação de pescados, como esterco, materiais recicláveis (não comestíveis) e partes aproveitáveis (gordura, sangue e vísceras), que são depositados de forma irregular, sem proteção, atraindo, dessa forma, microrganismos infectantes e urubus.

O município de Alto do Rodrigues é banhado pelo rio Piranhas ou Açu e suas águas são utilizadas de forma ampla pela população, desde o uso para agricultura irrigada, consumo doméstico ao lazer.

Mas infelizmente, pode-se observar uma vasta degradação entorno deste manancial, além da contaminação provocada pelos esgotos urbanos, o rio Piranhas-Açu está em um avançado processo de assoreamento, também em virtude de práticas agrícolas irresponsáveis, da retirada de areia para a construção civil e da extração da mata ciliar. Observamos também a deposição de lixo (garrafas, sacolas, entre outros) espalhados nas margens do rio.

4.2 Fase de observação

Durante a fase de observação foi visto a quantidade de edifícios da cidade de Alto do Rodrigues, que como já foi falado, também faz parte da modernização dos tipos e estilos de edifícios, como também, de novas construções. Vale lembrar que estamos falando de uma cidade bem desenvolvida, tendo mensalmente o repasse de uma média de R\$ 3.000.000 de reais em royalties, que nada mais é que uma taxa paga pelo direito de explorar o petróleo no território municipal, ou seja, é uma remuneração ao município pela exploração desse recurso não renovável, e além dos royalties há também outros repasses do Estado, do Governo, etc. Há também uma grande comercialização, entre lojas, supermercados e outras empresas privadas ligadas à extração de petróleo, essa comercialização também possibilita um bom desenvolvimento, tanto pessoal, quanto ao nível da cidade.

Figura 15 – Vista aérea de Alto do Rodrigues

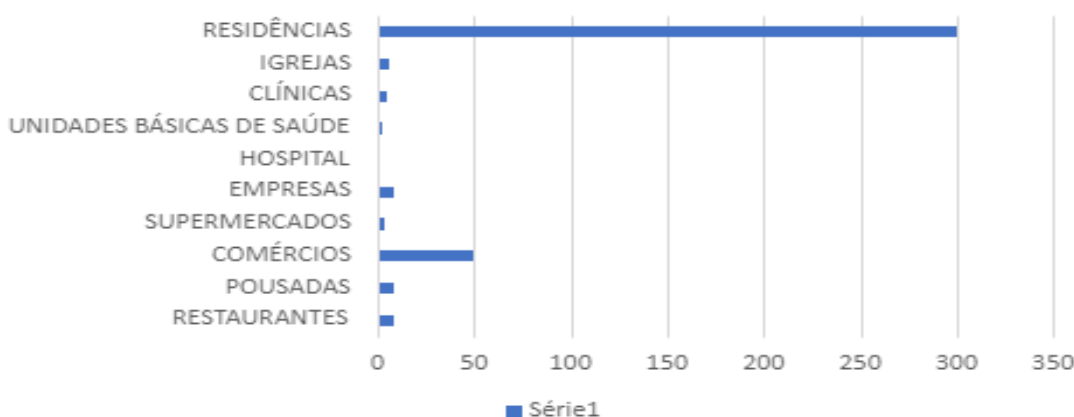


Fonte: <https://folhadoalto.blogspot.com/2018/02/alto-do-rodrigues-vista-area.html>

Temos um número relevante de edifícios quando constatado na observação objetiva. Sendo boa parte deles habitacionais e outros comerciais. Chegamos a um número aproximado através de observação em mapas on-line e também presencialmente de 8 de restaurantes; 8 pousadas; 50 comércios variados, entre eles, lojas de móveis e eletrodomésticos, lojas de construção, lojas de roupas e calçados, lojas relacionadas a agricultura e pecuária e também comércios que prestam serviços à população; 4 supermercados, sendo 2 deles grande referência

para a região; 8 empresas ligadas a extração de petróleo e outros serviços relacionados a isso; 1 hospital, 3 Unidades básicas de saúde com um tamanho considerável e 5 clínicas particulares; 6 igrejas distribuídas em diferentes religiões, e por fim, uma média de 300 residências de classe média, nas quais, a sua área é consideravelmente maior que as outras residências do município, portanto estamos levando em consideração a área de grandeza de cada edifício e a sua situação econômica. À vista disso, nota-se que os prédios residenciais estão em maioria e o restante com números consideráveis de acordo com o desenvolvimento da cidade.

Figura 16 - Gráfico com número aproximado de edifícios em Alto do Rodrigues/RN



Fonte: Autor

4.2.1 Análise e resultados

Foi realizada uma entrevista através do Google Forms com os proprietários de alguns dos prédios observados, 03 pessoas responderam ao questionário, sendo, 02 delas proprietárias de edifícios residenciais e 01 de edifício comercial. Ainda na fase de observação foi possível perceber que o sistema solar fotovoltaico tem uma baixa adesão em todo o município, tendo em sua maioria a instalação em prédios residenciais, assim, os comércios, que tem um alto consumo de energia não aderiram ainda ao sistema.

Através do levantamento de imagens (2019-2020) conforme apresentado em anexo, encontramos 27 edifícios que utilizam a energia solar fotovoltaica. Nas imagens, podemos observar 25 áreas demarcadas que utilizam a energia solar, além delas, acrescenta-se mais 02 que não aparecem nas imagens nestes períodos, sendo assim, há cerca de 27 residências/comércios que utilizam a energia solar. Destes, escolhemos 03 para realizar a pesquisa, tendo assim, 11,11% dos sistemas

instalados, um número representativo quando considerado o total de edifícios que o utilizam.

Como já dito, realizamos uma entrevista com os proprietários dos prédios que já aderiram ao sistema solar fotovoltaico com o objetivo de analisar os motivos pelos quais levaram o proprietário a aderir ao sistema solar e também de analisar o investimento e as vantagens do sistema solar fotovoltaico para aquelas pessoas.

Como resultado da primeira questão do formulário obteve-se 100% das respostas para a instalação entre os anos 2020 a 2022, ou seja, há um procura recente dessa alternativa de energia nos últimos 02 (dois) anos na cidade, vale salientar que, nessa época estávamos enfrentando a pandemia do Covid-19 e consequentemente uma grave crise econômica de nível mundial. Em vista disso, a Covid-19 praticamente forçou as pessoas a ficarem em suas casas para protegerem a sua saúde, assim, a população passou a ficar o dia inteiro em suas casas, seja trabalhando, estudando ou utilizando celulares, televisões e outros eletrodomésticos, e consequentemente o consumo de energia teve um aumento significativo, levando também a uma conta de energia mais cara, sendo assim, a energia solar fotovoltaica apresentou para essas pessoas uma alternativa de diminuir as contas da casa.

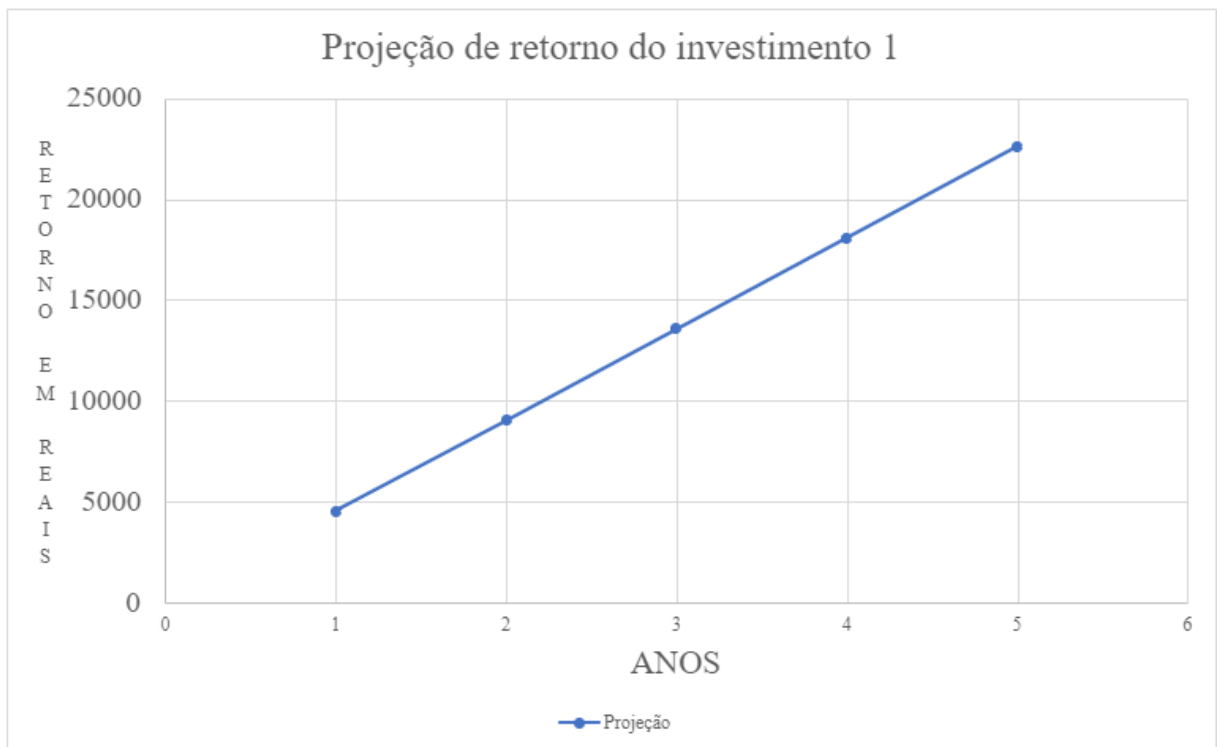
Já na segunda questão que falava quanto o proprietário pagava antes da energia solar chegou-se as seguintes respostas, a residência 01 (um) pagava em média o valor de R\$ 400,00 mensalmente, já a residência 02 (dois) pagava em média o valor de R\$ 700,00, e por fim, o comércio 01 (um) que pagava em média o valor de R\$ 2.300,00 mensalmente.

Todavia, após a instalação do sistema de energia solar nos edifícios passaram a pagar bem menos que antes, a residência 01 (um) passou a pagar R\$ 23,50, a residência 02 (dois) está pagando R\$ 61,00, já o comércio 01 (um) paga atualmente R\$ 110,00, assim, observa-se uma queda significativa nas contas de cada um, chegando até a zerar a conta que chegava todos os meses.

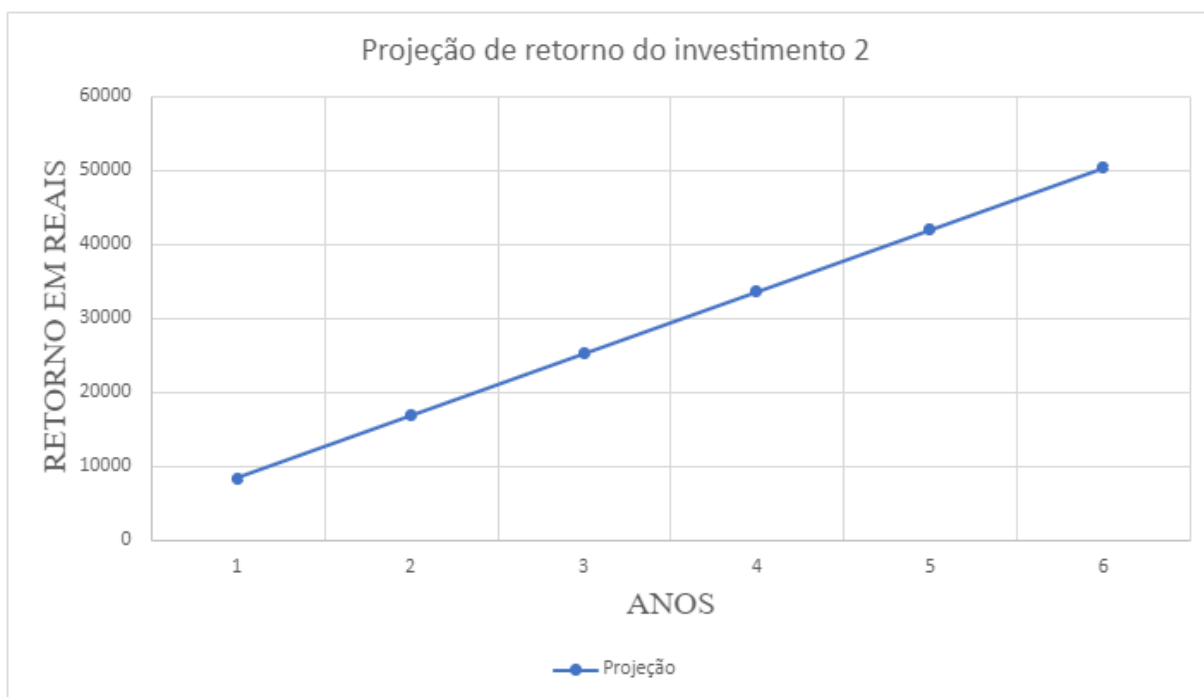
Como resultado da quarta questão teve-se a média de investimento dos proprietários no sistema de energia solar fotovoltaico, o investimento da residência 01 (um) foi de R\$ 21.000,00, da residência 02 (dois) foi de R\$ 48.000,00 e o investimento do comércio 01 (um) foi de R\$ 73.000,00, assim, a média dos investimentos foram bem diferentes e de acordo com a situação de cada residência/comércio.

Abaixo vê-se uma projeção apresentando em quanto tempo será recuperado o investimento de cada proprietário conforme os dados que foram apresentados anteriormente, como, o que pagava antes da instalação, o que passou a pagar e o valor do investimento. Veremos que a residência 01 com 4 anos e 8 meses, a residência 02 em torno de 5 anos e 9 meses e comércio 01 em torno de 3 anos.

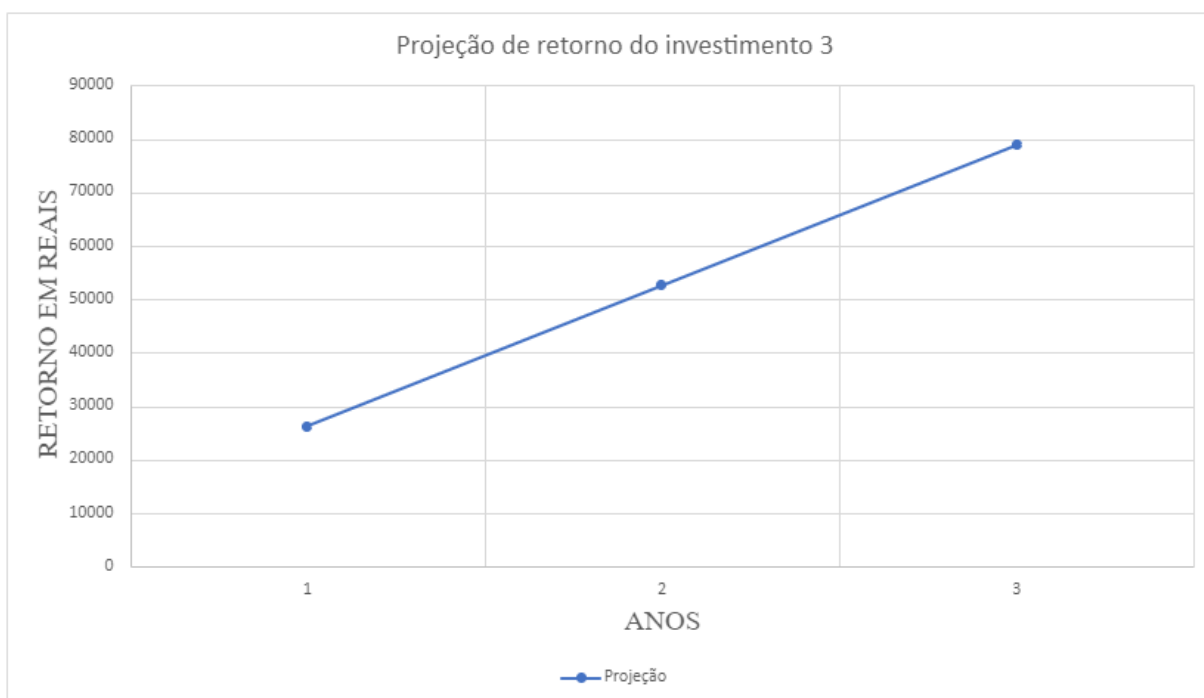
Figura 17 - Gráfico com tempo estimado para retorno do investimento 01



Fonte: Autor

Figura 18 - Gráfico com tempo estimado para retorno do investimento 02

Fonte: Autor

Figura 19 - Gráfico com tempo estimado para retorno do investimento 03

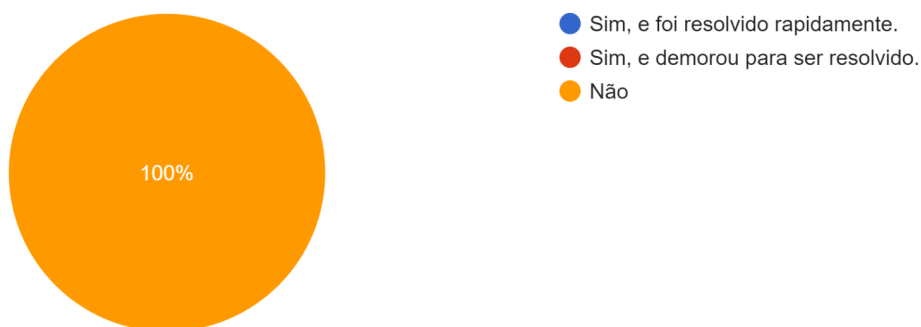
Fonte: Autor

Na questão 05 (cinco) foi perguntado para eles quais os maiores benefícios obtidos após a instalação do sistema de energia solar, e segundo a residência 01 (um) foi “a despreocupação em relação ao consumo de energia e ao pagamento das contas de energia”, para a residência 02 (dois) “deixei de pagar um valor alto de energia todo mês, estou usando bastante coisas e mesmo assim estar gerando ao ponto de no final do mês sobrar energia”, e para o comércio 01 (um) “economia de 95% no valor da minha conta de energia e uma melhor qualidade de vida”, à vista disso, os 03 (três) proprietários tinham o mesmo objetivo, economizar na conta de energia, e de que acordo com o que foi visto até agora, eles conseguiram diminuir significativamente a conta todos os meses, ou seja, o objetivo têm sido alcançado.

Na questão 06 (seis) os proprietários falaram se o sistema de energia solar da sua residência/comércio já havia apresentado algum problema e todos eles disseram que desde a instalação não houve nenhum problema, ou seja, nesses 02 (dois) anos que eles aderiram ao sistema solar fotovoltaico ele tem funcionado perfeitamente, não havendo também gastos extras além do investimento e taxa da conta de energia.

Figura 20 - Gráfico exibindo porcentagem dos sistemas de energia solar que já apresentaram algum problema

3 respostas



Fonte: Google Forms

Na próxima questão veremos qual tipo de sistema é utilizado pelos entrevistados, se é o sistema on-grid ou off-grid. Como resultado, todos responderam que utilizam o sistema on-grid, que é o ligado à rede elétrica.

Por fim, tivemos a última questão, na qual, os proprietários responderam o quanto de energia é gerada por mês a partir do sistema solar fotovoltaico, a

residência 01 (um) possui uma média de geração mensal de 577,17 kWh, tendo no total a instalação de 11 (onze) placas, assim, cada placa tem gerado em torno de 52,47 kWh. Já a residência 02 (dois) possui a uma média de geração mensal de 1.300 kWh, tendo 23 (vinte e três) placas solares, tendo cada placa a geração de 56,52 kWh. E o comércio 01 (um) a geração mensal é de 2.400 kWh, tendo a instalação de 27 placas solares e a geração de 88,88 kWh.

À vista disso, a pesquisa realizada através do Google Forms com os proprietários de 02 (duas) residências e 01 (um) comércio foi possível chegar a alguns resultados importantes, que são eles, a significativa diminuição nas contas mensais de energia elétrica, podemos até usar uma citação do proprietário do comércio 01 (um), na qual eles diz “economia de 95% no valor da minha conta de energia e uma melhor qualidade de vida”, todos os entrevistados tinham como objetivo pagar menos e conseguiram alcançá-lo após o investimento, para a residência 01 (um) a diminuição foi de 94,13%, para a residência 02 (dois) a diminuição foi de 92%, e para o comércio 01 (um) a diminuição foi de 95,22%.

Observa-se também que, todos os sistemas de energia solar fotovoltaica dos entrevistados são ligados a rede, pelo fato dos sistemas off-grid serem mais incomuns, primeiramente por ser um investimento muito maior, por ter também que instalar um banco de bateria para retirar a energia diretamente do banco e por geralmente só utilizar o sistema off-grid se não tiver uma rede próxima disponível.

Constata-se, que, apesar da cidade ter um significativo desenvolvimento com relação às outras cidades da região, ainda não uma adesão relevante quando se considera as seguintes quantidades de edifícios:

- 08 de restaurantes;
- 08 pousadas;
- 50 comércios variados, entre eles, lojas de móveis e eletrodomésticos, lojas de construção, lojas de roupas e calçados, lojas relacionadas a agricultura e pecuária e também comércios que prestam serviços à população;
- 04 supermercados;
- 08 empresas ligadas a extração de petróleo e outros serviços relacionados;
- 01 hospital;
- 03 Unidades básicas de saúde;
- 05 clínicas particulares;

- 06 igrejas distribuídas em diferentes religiões;
- Uma média de 300 residências;

Assim, há uma baixa procura e adesão do município ao sistema solar fotovoltaico, quando se relaciona a quantidade total de edifícios da cidade à quantidade de edifícios que já utilizam esse tipo de energia. Ou seja, o município precisa se atentar ao consumo mais barato, como já visto pelos proprietários entrevistados, que têm alcançado os objetivos que foram propostos antes do investimento, e é necessário também preocupar-se com as questões ambientais da cidade, que mesmo pequena, ainda sofre com várias causas ambientais, assim, a energia solar iria colaborar de forma positiva para toda a população

Por fim, outro aspecto importante foi que apenas nesses últimos 02 anos empresas relacionadas a instalação do sistema solar fotovoltaico começaram a investir em Alto do Rodrigues e cidades vizinhas, ou seja, a população passou a ter mais conhecimento sobre o assunto recentemente, assim, isso explicaria a baixa adesão dos proprietários quanto ao sistema, é importante pontuar que, apesar de ser uma cidade bem desenvolvida, devemos lembrar também que estamos falando de uma cidade do interior do Estado do Rio Grande do Norte.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

À vista que, a cada ano que passa a geração distribuída de energia fotovoltaica tem ganhado mais espaço no Brasil, neste trabalho foram analisados os impactos da energia solar fotovoltaica na cidade de Alto do Rodrigues/RN.

Concluiu-se que as instalações tiveram uma procura recente, mais precisamente entre os anos de 2020 a 2022 e a maioria dos entrevistados instalam a energia solar fotovoltaica com o objetivo de economizar nas contas de energia elétrica, parcelando o investimento e tendo retorno desse investimento posteriormente, e como visto, dependendo de cada caso poderá ter retorno de 3 a 6 anos, além de ter também uma instalação ágil e manutenção mínima.

Assim, o uso da energia solar fotovoltaica no município terá impactos significativos na questão energética, que precisa de novas fontes, já que, há um crescimento considerável da população, da indústria e da agricultura, e consequentemente o consumo de energia aumentou, como também, na questão ambiental, uma vez que não produz resíduos que afetem o meio ambiente, sendo eficaz e possibilitando tornar as pessoas autossustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiko, A.K., Abukater, J., Baldacci, E., Bessa, V. M. T., Gonçalves, O. M., Hachich, V., Lamberts, R., Pereira, E. M. D., Prado, R. T. A., Trani, E., Triana, M. A. 2010. **Eficiência Energética e Habitação de Interesse Social no Estado de São Paulo**. São Paulo, Brasil, p.24.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **ENERGIA SOLAR: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. 2019. 76 f. Monografia (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, MG, 2019.

BRAGA, R. P. **Energia Solar Fotovoltaica: Aplicações e Fundamentos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008

BRITO, Miguel C; SILVA, José A.. **Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade**. 2006. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2006.

CAMARGO, Lucas Tamanini. **Projeto de Sistemas Fotovoltaicos conectados à Rede Elétrica**. 2017. Disponível em: http://www.uel.br/ctu/deel/TCC/TCC2017_LucasTamaniniCamargo.pdf.

CEMIG. **Alternativas Energéticas**. [S.l.], 2012. Disponível em: http://www.cemig.com.br/ptbr/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energetic as/Documents/Alternativas%20Energeticas.pdf

Como funciona a Energia Solar. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-energia-solar.html>. Acesso em: 14 jul. 2022.

Controlador de carga. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/controlador-de-carga>. Acesso em: 17 out. 2022.

Energia Solar: Vantagens. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-vantagens>. Acesso em: 14 jul. 2022.

Goetze, Felipe. **Projeto de Microgeração Fotovoltaica Residencial: Estudo de caso**. 2017. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/169263/001049569.pdf?sequence=1>.

GREENPRO. **Energia fotovoltaica: Manual sobre tecnologias, Projeto e Instalação**. [S.l. : s.n.], 2004.

FIRMINO, M; SOUZA, A. **Projeto FEUP**. Porto: Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, 2015.

História e origem da Energia Solar. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/historia-e-origem-da-energia-solar>. Acesso em: 14 jul. 2022.

Inversor solar, o que é e para que serve? 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/inversor-solar-o-que-e-e-pra-que-serve/>. Acesso em: 17 out. 2022.

Inversor solar, o que é e pra que serve? 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/inversor-solar-o-que-e-e-pra-que-serve/>. Acesso em: 17 out. 2022.

JOHN, B. **Introdução ao Projeto de Sistemas Fotovoltaicos**. Grupo GEN, 2016. 9788521635314. Disponível em: . Acesso em: 22 mar. 2021.

NARUTO, Denise Tieko. **Vantagens e Desvantagens da Geração Distribuída e estudo de caso de um Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica**. 2017. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10020290.pdf>.

NARUTO, D. T. **Vantagens e desvantagens da geração distribuída e estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica**. Rio de Janeiro, 2017.

NEVES, Edicéa; MELO, Benedito; VARELA, Régis; FERNANDES, Socorro; PEREIRA, Isdeolandia. **Alto do Rodrigues: cidade da gente: estudos regionais: ensino fundamental**. Fortaleza, Ce: Didáticos Editora, 2022.

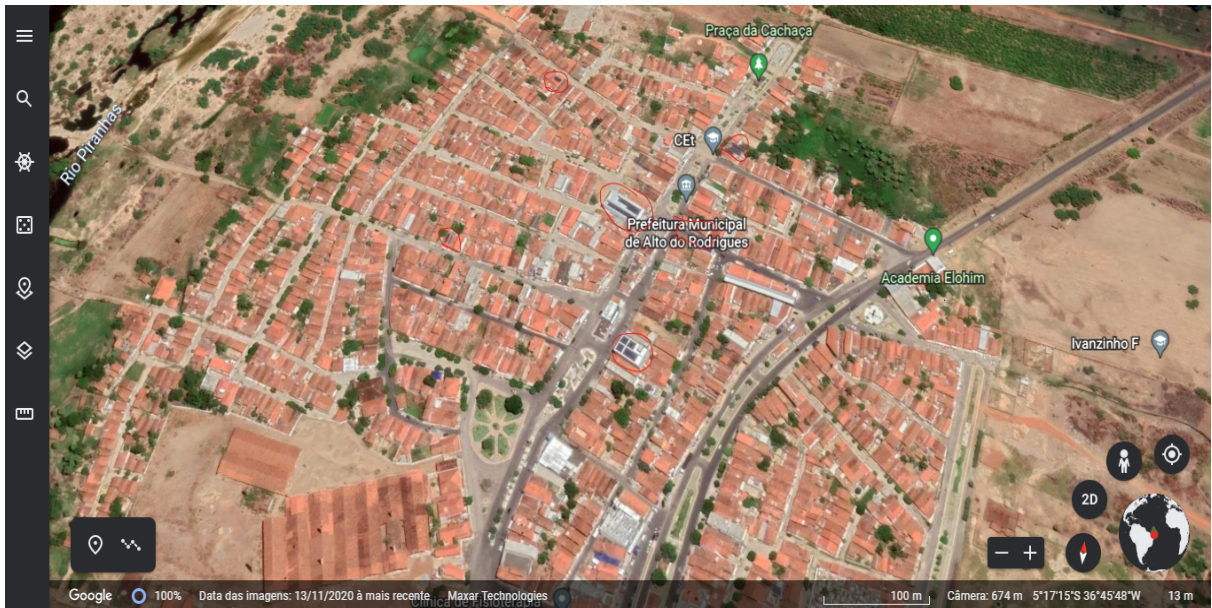
O Sol. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/sun.htm#:~:text=A%20energia%20gerada%20no%20interior,est%C3%A1%20se%20tornando%20mais%20leve>. Acesso em: 11 ago. 2022.

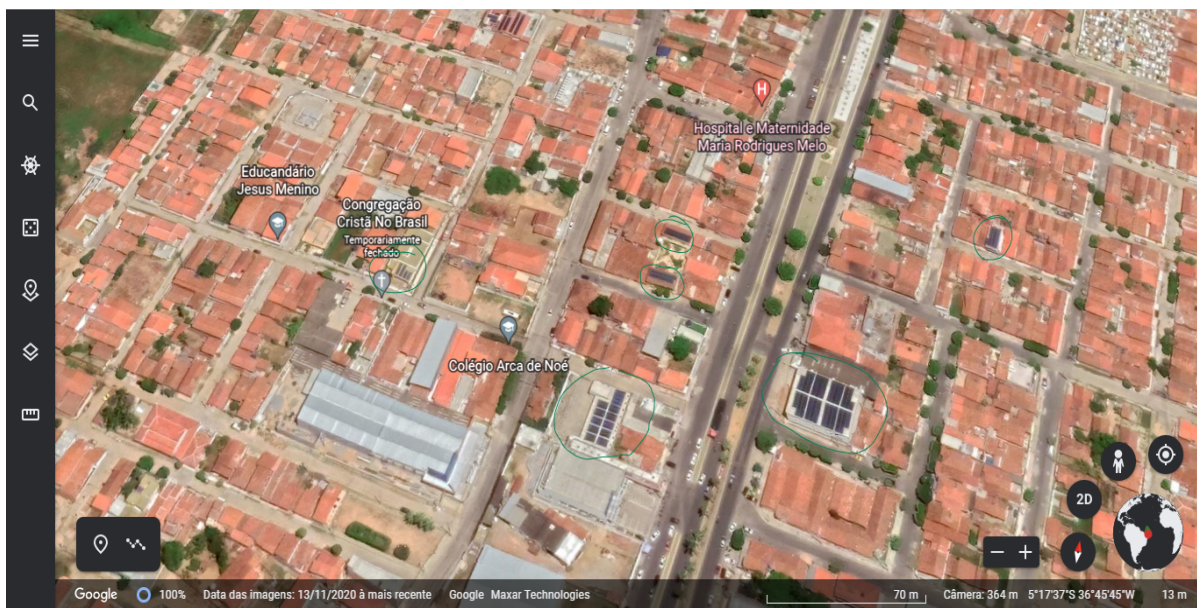
PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e sustentabilidade**. [S.l.]: Manole, 2016. Disponível em: . Acesso em: 13 mar. 2021.

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, 2006, Brasília. Anais... Brasília: CBPE, 2006.

Vantagens e Desvantagens da Energia Solar Fotovoltaica. 2006. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-energia-solar.html>. Acesso em: 14 jul. 2022.

TSURUDA, L. K., MENDES, T. A., VITOR, L. R., SILVEIRA, M. B. **A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável e social**. 2017. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), Câmpus Goiânia e Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil, Goiânia, 2017.

ANEXO A – VISTA DE SATÉLITE DE ALTO DO RODRIGUES (2019-2020)







APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA

1- Em qual ano foi instalado o sistema solar fotovoltaico em sua residência/comércio?

- A) 2000 a 2005
- B) 2005 a 2010
- C) 2010 a 2015
- D) 2015 a 2020
- E) 2020 a 2022

2 - Quanto você pagava na conta de energia antes de utilizar a energia solar?

3- Quanto você paga atualmente na conta de energia?

4- Em média qual foi seu investimento no sistema de energia solar?

5- Quais foram os benefícios obtidos após a instalação do sistema de energia solar?

6- O sistema de energia solar da sua residência/comércio já apresentou algum problema?

- A) Sim, e foi resolvido rapidamente.
- B) Sim, e demorou para ser resolvido.
- C) Não

7- Qual o tipo de sistema é usado? On-grid ou off-grid?

8- Quanto de energia é gerado por mês?
