

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

EDUARDO RIBEIRO DE PAULA

LUCAS ANDRADE LILL

**FONTES DE ENERGIAS RENOVAVEIS: ESTUDO
COMPARATIVO DE DESEMPENHO DE GERAÇÃO DE
ENERGIA SOLAR EM UMA UNIDADE COMERCIAL E
RESIDENCIAL**

ANÁPOLIS / GO

2019

EDUARDO RIBEIRO DE PAULA

LUCAS ANDRADE LILL

**FONTES DE ENERGIAS RENOVAVEIS: ESTUDO
COMPARATIVO DE DESEMPENHO NA GERAÇÃO DE
ENERGIA SOLAR EM UMA UNIDADE COMERCIAL E
RESIDENCIAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO FERNANDES

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

PAULA, Eduardo Ribeiro de/ LILL, Lucas Andrade

Fontes de energias renováveis: estudo comparativo de desempenho na geração de energia solar em uma unidade comercial e residencial.

52P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 1. Placa Fotovoltaica | 2. Energia Solar |
| 3. Energia renovável | 4. Semicondutor |
| I. ENC/UNI | II. Bacharel (9º) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PAULA, Eduardo Ribeiro de; LILL, Lucas Andrade. Fontes de energias renováveis: estudo comparativo de desempenho na geração de energia solar em uma unidade comercial e residencial. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 52p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Eduardo Ribeiro de Paula

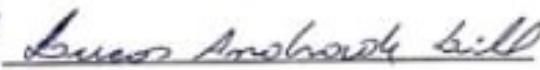
Lucas Andrade Lill

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Fontes de energias renováveis: estudo comparativo de desempenho na geração de energia solar em uma unidade comercial e residencial.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Eduardo Ribeiro De Paula

Lucas Andrade Lill

E-mail: eduardordepaula@hotmail.com

E-mail: lucasandrade1445@hotmail.com

EDUARDO RIBEIRO DE PAULA

LUCAS ANDRADE LILL

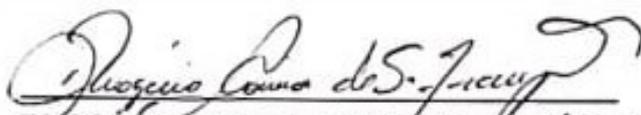
**FONTES DE ENERGIAS RENOVAVEIS: ESTUDO
COMPARATIVO DE DESEMPENHO NA GERAÇÃO DE
ENERGIA SOLAR EM UMA UNIDADE COMERCIAL E
RESIDENCIAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



**CARLOS EDUARDO FERNANDES, Especialista (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**



**RHOGÉRIO CORREIA DE SOUZA KRAÚJO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**RODOLFO RODRIGUES DE SOUSA, Especialista (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 02 Dezembro de 2019.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje compreendo um horizonte superior.

Ao meu orientador Carlos Eduardo, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos meus pais Gilberto e Renata, meus avós Antonio e Irene e a todos familiares pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Aos meus tios Karla e Rodrigo por ter me acolhido e me dado todo suporte que precisei durante essa jornada.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Lucas Andrade Lill

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus que iluminou toda essa caminhada permitindo que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Agradeço a todos os docentes que nos proporcionaram o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram sacrificarão o seu a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem nos proporcionado o conhecimento.

Meus agradecimentos a minha família, esposa Letícia Camargo que sempre esteve ao meu lado nos momentos difíceis e proporcionou o duas maiores alegrias que um homem possa ter que são meus anjos César Camargo e Júlia Camargo, aos meus pais Carlos Ribeiro e Maria Wilma que se não fosse eles não teria a oportunidade de estar neste mundo, e uma pessoa especial que incentivou-me ao estudo e que sempre esteve ao meu lado nem sempre com palavras de conforto mas com conselhos que hoje guardo pra vida obrigado Ms. e Tio Alexandre Ribeiro.

A todos que diretamente ou indiretamente que fizeram parte da minha formação acadêmica aqui vai o meu muito obrigado a todos.

Eduardo Ribeiro de Paula

RESUMO

Certo ao grande desenvolvimento industrial, ao crescimento da população brasileira, com o desenvolvimento da tecnologia no país e também a necessidade de uma vida melhor, o consumo de energia e o aumento de demanda da mesma tende a subir. Onde dessa forma, a necessidade da preservação do meio ambiente incentiva a busca por fontes de energias renováveis, das quais não agridem diretamente ao âmbito que é um dos pontos precisamente discutido atualmente. A respeito de necessitar de um investimento elevado, as fontes renováveis além de não agredir ao meio ambiente elas tornam-se mais vantajosas com o resultado das reduções de custos, fazendo com que todo o valor gasto seja restituído, provindo também lucro sobre o investimento inicial. O Brasil possui expressivo potencial para geração de energia elétrica a partir de fonte solar, contando com níveis de irradiação solar superiores, em relação a países que o projeto de aproveitamento de energia por meio de raios solares são mais divulgados. O trabalho apresenta um estudo de caso que, onde foi possível visualizar que o sistema apresenta resultados satisfatórios, onde pode-se notar que a redução em termos financeiros é bastante significava comparada à vida útil do sistema e o retorno do investimento inicial com seu uso.

PALAVRAS-CHAVE: Fontes de Energias Renováveis, Placa Fotovoltaica, Energia Solar.

ABSTRACT

Certain of the great industrial development, the growth of the Brazilian population, with the development of technology in the country and also the need for a better life, the energy consumption and the increase of the same demand tends to rise. Where in this way, the need to preserve the environment encourages the search for renewable energy sources, which do not directly harm the scope that is one of the points precisely discussed today. Regarding the need for a high investment, renewable sources not only harm the environment but they become more advantageous as a result of the cost reductions, making all the amount spent refunded, also providing profit on the initial investment. Brazil has significant potential for electricity generation from solar sources, with higher levels of solar irradiation, compared to countries where the project of harnessing energy through solar rays is more publicized. The paper presents a case study that, where it was possible to see that the system presents satisfactory results, where it can be noticed that the reduction in financial terms is quite significant compared to the system useful life and the initial investment return with its use.

KEYWORDS: Renewable Energy Sources, Photovoltaic Plate, Solar Energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Divisão de energias renováveis e não renováveis.....	14
Figura 2: Barragem e reservatório de uma usina hidrelétrica.....	19
Figura 3: Placas fotovoltaicas.....	20
Figura 4: Parque eólico de geração de eletricidade.	20
Figura 5 : Turbina eólica horizontal.	21
Figura 6 : Turbina eólica vertical.	22
Figura 7 : Barragem usina por movimento das marés.	22
Figura 8: Aproveitamento de energia das ondas do mar.	23
Figura 9:Aproveitamento de energia das correntes oceânicas.....	24
Figura 10: Usina de energia geotérmica de eletricidade.....	24
Figura 11: Funcionamento da usina geotérmica.....	25
Figura 12: Funcionamento de uma usina de energia por biomassa.	26
Figura 13: Primeira bateria solar.	27
Figura 14: Média de irradiação solar diária no Brasil.	30
Figura 15:Módulo fotovoltaico.....	32
Figura 16: Processo hierarquizado de agrupamento	32
Figura 17: Célula silício monocristalino..	32
Figura 18: Célula silício policristalino.	34
Figura 19: Celula silício amorfo.....	35
Figura 20: Associação em paralelo.....	35
Figura 21: Associação em série	36
Figura 22: Sistema conectado a rede elétrica	37
Figura 23: Sistema autônomo	38
Figura 24: Painéis fotovoltaicos	38
Figura 25: Consumo de energia antes da instalação.....	38
Figura 26 : Fatura antes da instalação	42
Figura 27: Consumo de energia após a instalação do sistema (KWh).	42
Figura 28: Fatura após a instalação do sistema.	42
Figura 29: média fatura antes/depois.....	43
Figura 30: Pannel fotovoltaico de pequeno porte.....	43
Figura 31: Fatura antes da instalação.	45
Figura 32: Consumo de energia após a instalação do sistema (KWh).	45

Figura 33: Fatura após a instalação do sistema	46
Figura 34: Média fatura antes/depois	46

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Distribuição do consumo de eletricidade no Brasil - 2000.....	29
Tabela 2: Distribuição do consumo de eletricidade no Brasil - 2007.....	30
Tabela 3: Gastos com energia.....	41
Tabela 4: Gastos com energia.....	44

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
COMSAT	Communications Satellite Corporation
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FINAME	Financiamento de máquinas e equipamento
GWh	Gigawatt-hora
KWh	Quilowatt-hora
MWp	Mega Watts-pico
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos.....	16
1.3	METODOLOGIA	16
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2	FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA.....	18
2.1	EXEMPLOS DE FONTES RENOVAVEIS.....	18
2.1.1	Energia hidrelétrica	18
2.1.2	Energia solar fotovoltaica	19
2.1.3	Energia eólica.....	20
2.1.4	Energia oceânica.....	22
2.1.5	Energia geotérmica.....	24
2.1.6	Energia da biomassa	25
3	EFEITO FOTOVOLTAICO.....	26
3.1	DEFINIÇÃO	26
3.2	HISTÓRICO	27
3.3	CONSUMO DE ENERGIA NO PAÍS	29
3.4	VANTAGENS PARA O BRASIL, para A PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR.....	30
3.5	PLACAS FOTOVOLTAICAS	31
3.5.1	Silício monocristalino	33
3.5.2	Silício policristalino	33
3.5.3	Silício amorfo	34
3.6	SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	35
3.6.1	Associação em paralelo	35
3.6.2	Associação em série	36
3.6.3	Baterias.....	36
3.6.4	Controlador de carga	36
3.6.5	Inversores	37
3.6.6	Sistema conectado à rede	37
3.6.7	Sistema Isolado	38

3.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	38
4 ESTUDO DE CASO	40
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47

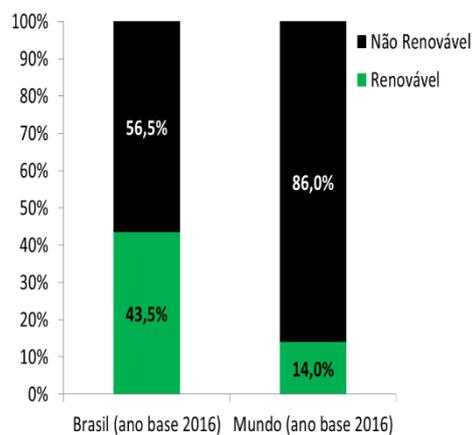
REFERÊNCIAS

1 INTRODUÇÃO

Com o grande aumento significativo da população brasileira e a busca pelo bem-estar do ser humano, resultaram uma grande demanda de energia elétrica. A grande atenção com a preservação do meio ambiente e a busca pela diversidade da fonte elétrica, estimulou a geração de energia por meio de fontes renováveis, tal como a ampla fonte energia sem expiração, o sol.

A quantidade de recursos energéticos ofertado pelo Brasil é das mais limpas do planeta segundo Pacheco (2006), onde cerca de 45% da energia do país é renovável. Fontes de energias como a eólica, solar, carvão, hidrelétricas, biomassa, nuclear, petróleo e gás natural vem ganhando destaque gradativamente no país. Grande parte da energia elétrica gerada no país hoje é provinda de usinas hidrelétricas.

Figura 1: Divisão de energias renováveis e não renováveis.



Fonte: EPE, 2018.

Apesar de necessitar de um investimento elevado, as fontes renováveis tornam-se mais vantajosas com o resultado das reduções de custos, fazendo com que todo o valor gasto seja restituído, provindo também lucro sobre o investimento inicial.

O Brasil possui expressivo potencial para geração de energia elétrica a partir de fonte solar, contando com níveis de irradiação solar superiores aos de países onde projetos para aproveitamento de energia solar são amplamente disseminados, como Alemanha, França e Espanha. Segundo Galdino (2000), o semicondutor mais utilizado no Brasil para placas fotovoltaicas é o Silício, que podem ser classificados como Silício monocristalino, Silício policristalino e Silício amorfo, sendo as primeiras tecnologias empregadas atualmente.

Em 1939 foi analisado pela primeira vez por Edmond Becquerel o efeito fotovoltaico o qual atestou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num electrólito,

produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz. (VALLÈRA; BRITO, 2006).

Para alcançar os devidos objetivos e para clareza do assunto, a pesquisa está expondo alguns tipos de fontes de energia renováveis que estão disponíveis na matriz energética, como também as mais utilizadas no Brasil, analisando profundamente a geração de energia por meio de placas fotovoltaicas.

Na presente pesquisa propõe mostrar as vantagens para o Brasil produzir energia por meio de fonte solar, da mesma forma revela a composição das células fotovoltaicas.

O presente trabalho apresentar o processo de instalação desde a captação até o seu consumo, das fontes de energia, expressado no estudo de caso de um estabelecimento comercial e uma residência com utilização de energia através de placas fotovoltaicas, como também fazer uma comparação de gastos antes da instalação e após as instalações da mesma.

1.1 JUSTIFICATIVA

Devido ao grande desenvolvimento industrial, ao crescimento da população brasileira, com o desenvolvimento da tecnologia no país e também a necessidade de uma vida melhor, o consumo de energia e o aumento de demanda da mesma tende a subir, conforme será visto no tópico 3.3. Dessa forma, a necessidade da preservação do meio ambiente incentiva a busca por fontes de energias renováveis, das quais não agridem diretamente ao âmbito é um dos pontos precisamente discutido.

O Brasil possui um grande potencial de geração de energia elétrica a partir da fonte solar, devido ao alto nível de radiação solar sobre o território brasileiro. No entanto o grande custo para o investimento do projeto é uma fonte de energia que no Brasil não apresenta a mesma relevância que outros países, embora seja uma fonte energia cara ele possui suas vantagens, o qual é uma energia reversível onde a mesma começa a gerar energia própria suficiente para o consumidor e podendo também vender parte do que foi gerado para a concessionaria de energia local, onde as faturas do proprietário das placas começa a se quitarem.

Com tudo a energia por meio de fonte solar detectadas por placas fotovoltaicas vem revelando-se aos poucos no Brasil em sistemas de irrigações, casas de grande e pequeno porte, fazendas, colégios e faculdades por motivo dos brasileiros estarem conhecendo um sistema de energia ecológico, renovável, que não agrida ao meio ambiente, reversível a gastos e gerador de lucros. Entender como as fontes de energia renováveis atuam no país, pode revelar condições

de domínio de tecnologia, interesses econômicos dentre outros que justifiquem o lento investimento nesse setor.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa tem como objetivo apresentar fontes de energias renováveis, tendo foco principal a energia gerada pelo sol por meio de placas fotovoltaicas e fazer uma comparação do gasto financeiro voltado a energia de um estabelecimentos comercial e uma residência mista o qual o proprietário possui uma pequena empresa que não dispõe de energia solar e após a instalação de um agrupamento de placas fotovoltaicas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Mostrar alguns exemplos de fontes renováveis de energia.
- Abordar a história das placas fotovoltaicas, a composição das células fotovoltaicas e representar a montagem completa do sistema fotovoltaicos.
- Apresentar as vantagens para o Brasil, visando a produção de energia solar e seus incentivos.
- Realizar um comparativo de gastos em um estabelecimentos comercial e uma residência mista o qual o proprietário possui uma pequena empresa sem fonte de energia solar e posteriormente com a instalação de placas fotovoltaicas.

1.3 METODOLOGIA

Será realizado por meio de pesquisas em artigos, livros e revistas, com a finalidade formular os capítulos 1 e 2 que trate do referencial teórico. Nos demais capítulos, será apresentado o funcionamento de geração de energia do sistema fotovoltaico, evidenciando através de estudo de caso em um estabelecimento comercial e uma residência que trabalha por meio de energia gerada por placas fotovoltaicas na área de Anápolis – GO. O estudo de caso permitirá elaborar um comparativo de gastos precedente a instalação de um sistema de energia

solar e subsequente a mesma. Nessa amostra, será possível comparar as possíveis vantagens e desvantagens de consumo, qualidade, custo e serviços.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho apresentará dividido conforme distribuição a seguir:

No Capítulo 1, é apresentado a introdução do trabalho, como também seus objetivos, justificativas e metodologia. Os itens abordam conceitos introdutórios a fontes de energia renováveis e a definição de um sistema de energia gerado por placas fotovoltaicas a fim de apresentar o tema para o desenvolvimento do trabalho.

No Capítulo 2, é exposto a definição de energia renovável como também exemplos de energias renováveis mais utilizadas atualmente.

No Capítulo 3, é apresentado a história das placas fotovoltaicas, as vantagens que o Brasil tem na produção de energia solar, o funcionamento desde a captação da energia até o fornecimento da energia a concessionária ou armazenamento da energia gerada e as vantagens e desvantagens do sistema fotovoltaico.

No Capítulo 4, está retratado um estudo de caso o qual faz comparação de gastos anteriormente a instalação de um sistema de energia solar e subsequente a mesma.

No Capítulo 5, têm-se as considerações finais e contribuições por meio da avaliação dos resultados, bem como as sugestões para trabalhos futuros, que possam contribuir para eventuais pesquisas.

2 FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Segundo Villalva (2015), as fontes renováveis de energia são aquelas consideradas abundantes para os princípios humanos de consumo. A utilização de energia renovável no mundo aumenta gradativamente, o tempo passa mais o ser humano depende da energia, devido o grande crescimento da demanda de energia e a importância de preservar o meio ambiente a energia limpa vem sendo o destaque dos últimos anos.

A expressão de energia renovável é usada para retratar a ampla cadeia de fontes de energia que é disponibilizada pela natureza. As fontes renováveis podem ser utilizadas para geração de energia, gerar calor ou para produzir combustível líquido para ser usado no transporte. (COSTA; PRATES, 2005)

O pensamento de energia limpa é sempre associado às fontes renováveis, porque em semelhança com os combustíveis fósseis mostram pequenos efeitos ambientais e quase não originam resíduos ou lançamentos de poluentes na atmosfera terrestre (VILLALVA, 2015).

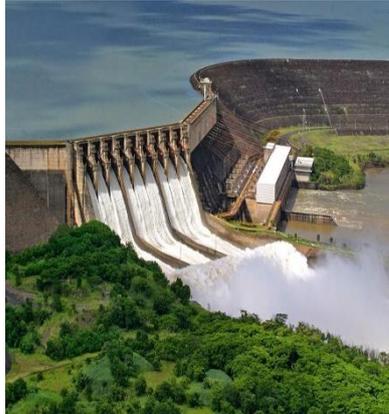
2.1 EXEMPLOS DE FONTES RENOVAVEIS

2.1.1 Energia hidrelétrica

A energia hidrelétrica mostrou que em 2006 produzia cerca de 2,2% da energia primária mundial. Os Países o qual participaram com essa porcentagem foram o Brasil 11,2%, a China 14,0%, o Canada 11,3% e os Estados Unidos 10,2%. Países desenvolvidos com o decorrer dos anos, sua capacidade de exploração hidrelétrica está perto de esgotar, devido a necessidade de grandes áreas para para construção de barragem. Desde 1980 Países da Europa e América do Norte estagnaram a produção de energia hidrúca (LAVADO, 2009).

A hidrelétrica como mostra a Figura 02, que é a fonte de energia renovável mais usada em todo o mundo, precisa da disponibilidade de água nos rios. Para que essa fonte de energia seja abundante não pode ocorrer o esgotamento das bacias hídricas pela ação direta do ser humano ou mudanças climáticas que afetam os recursos pluviométricos (VILLALVA, 2015).

Figura 2: Barragem e reservatório de uma usina hidrelétrica.



Fonte: SOLAM, 2008.

A implementação de parques geradores de energia hidrelétrica vem desde a década de 50, no início da década de 70, aconteceu a instalação de grandes hidrelétricas, como a de Itaipu e Tucuruí. Com a transferência de indústrias eletrointensivas e ao programa Eletrotermia, o qual promoveu a troca do óleo combustível por eletricidade, devido a isso o consumo de energia aumentou bastante (COSTA; PRATES, 2005).

Muito utilizada no Brasil a energia hidrelétrica é praticamente o tipo de geração de energia que possuiu seu maior consumo em relação as outras fontes limpas de energia em todo país. Segundo Villalva (2015) o funcionamento de uma usina hidrelétrica e a partir do represamento da água de um rio em que posteriormente escoar por dutos. Nos Dutos existem turbinas que são acopladas com um gerador elétrico, onde o movimento da água gira as pás da turbina gerando energia. Antes de ser despachada para os centros de consumo a energia e conduzida para um transformador elétrico.

2.1.2 Energia solar fotovoltaica

Segundo Villalva (2015), a energia do sol pode ser usada para gerar eletricidade através de efeito fotovoltaico, que significa na conversão direta da luz solar em energia elétrica. Ao captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica o sistema fotovoltaico faz com que a corrente coletada seja processada por controladores e conversores, podendo ser armazenada em baterias ou em sistemas conectados diretamente à rede elétrica, o qual será apresentado posteriormente no trabalho. A Figura 03 apresenta um painel de placas

fotovoltaicas inclinadas para receber a maior quantidade de radiação solar possível, aproveitando assim mais tempo de ensolação.

Figura 3: Placas fotovoltaicas.



Fonte: VIENA ENGENHARIA, 2018.

2.1.3 Energia eólica

De acordo com Galdino (2000) a energia eólica possui uma tecnologia comercial e amadurecida, é uma fonte de energia que vem sendo empregada nas nações desenvolvidas em larga proporção desde o início da década de 90.

Segundo Villalva (2015), o vento por ser inesgotável também é uma fonte de energia renovável (Figura 04), no entanto sempre que houver calor do sol para aquecer a atmosfera terrestre sempre os ventos iram soprar.

As usinas eólicas de geração de energia esta se tornando uma ótima opção cada vez mais atrativa. O Brasil possui um grande potencial de geração de energia por meio do vento, devido suas amplas dimensões continentais que o País possui e por se localizar em áreas que são favoráveis pelos ventos (TIEPOLO et al., 2012).

Figura 4: Parque eólico de geração de eletricidade.



FOTO: ITAMAR AGUIAR / PALÁCIO PIRATINI.

Segundo Lavado (2009), o principal impedimento que deve ser observado sobre esse tipo de geração de energia é o fato dos ventos não serem sempre constantes, podendo variar a qualquer momento.

Villalva (2015), diz que o Brasil desde o ano de 2004 vem explorando a energia eólica para geração de eletricidade, o (Proinfa) Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, um programa criado pelo governo federal com o intuito de incentivar o uso de energia renováveis no País.

Os custos para instalação de gerados de energia eólica são considerados pequenos, o qual o investimento é determinado pelo custo inicial, tempo de vida útil, taxa de juros, exploração e manutenção, quantidade de produção, avaliação do local e valor do sistema de backup (LAVADO, 2009).

No Brasil a energia eólica assentou e vem crescendo bastante. No Nordeste e Sul do País aonde há bons regimes de ventos foram instalados vários parques de geração de energia eólica. Segundo Villalva (2015), existem dois tipos de turbinas eólicas de energia: as de eixo horizontal como na (Figura 05) e as de eixo vertical (figura 06).

Figura 5 : Turbina eólica horizontal.



FONTE: IGUI ECOLOGIA, 2015.

Em função da maior concorrência entre fabricantes, os custos de implantação de usinas eólicas apresentam quedas no mercado internacional, na melhoria da tecnologia, devido a crise econômica global de 2008. À vista disso espera-se que o Brasil aumente sua implantação de novos parques eólicos (TIEPOLO et al., 2012).

Figura 6 : Turbina eólica vertical.



FONTE: ARCHIEXPO, 2018.

O meio mais utilizado de geração de energia pelo vento e devido a turbinas eólicas, o qual as turbinas são acopladas junto a um gerador de eletricidade. Esse tipo de energia pode ser tanto em sistemas autônomos quanto em sistemas conectados a rede.

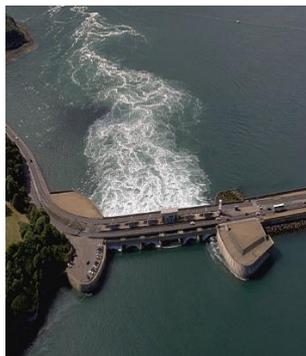
2.1.4 Energia oceânica

As alternativas de energia de menor impacto ambiental são as melhores opções por não se esgotarem e não causar danos ao meio ambiente. Comprovado com estudos que o maior potencial energético está nos oceanos, mas a porcentagem de aproveitamento é de 2% a 10 % devido a dispersão da energia em mar aberto e a altura das marés (SILVA, 2012).

Uma outra fonte de energia para geração de eletricidade e a por meio dos oceanos (Figura 07), o qual é possível extrair energia das ondas do mar, devido as correntes oceânicas ou do movimento das marés. (VILLALVA, 2015)

Como as usinas hidrelétricas, as energias por meio das marés e feito o represamento da água, onde na subida das marés o reservatório é cheio e na descida a agua é escoada pelo duto. O movimento da água das marés é usado para girar as pás da turbina que esta acoplada a um gerador elétrico (VILLALVA, 2015).

Figura 7 : Barragem usina por movimento das marés.



FONTE: SILVA, 2012.

As correntes marítimas é outro meio de utilização para geração de energia elétrica. As correntes marítimas são deslocamentos de massa de água que tem suas direções e frequências definidas. A ação do vento na superfície da água e no movimento de rotação da terra faz com que ocorra os deslocamentos das massas (SILVA, 2012).

A energia gerada pelas ondas do mar pode ser aproveitada para geração de eletricidade (Figura 08) por sistema de boias flutuantes. Essa energia cinética das ondas é capturada pelas boias, as quais acionam um mecanismo que produz eletricidade. Esse sistema é muito interessante devido ao imenso potencial energético representado pelas ondas oceânicas. (VILLALVA, 2015).

Figura 8: Aproveitamento de energia das ondas do mar.



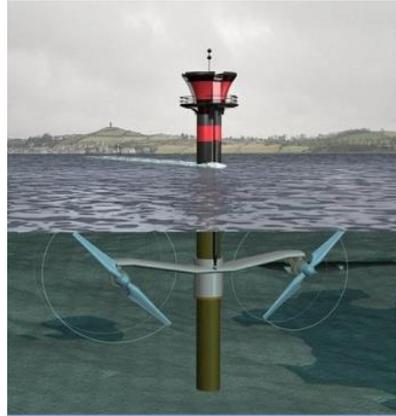
FONTE: SILVA, 2012.

Existe também o modo de aproveitamento da energia dos oceanos pelas turbinas submersas, conforme Figura 09, onde a partir do movimento das correntes de água fazem girar as turbinas gerando eletricidade. (VILLALVA, 2015)

A energia gerada por meio das correntes marítimas, tem seu custo reduzido de instalação como também possui efeitos mínimos ao meio ambiente. Com o mesmo princípio da geração de energia eólica, ela demonstra vantagens significativas para um país como o Brasil. A energia extraída por meio dessa fonte, pode ser melhor que em relação a eólica, por causa da densidade da água ser maior, além da expectativa (SILVA, 2012).

Esse é um meio de geração de energia que fica a frente comparado aos meios de extração de energia que possui o mesmo princípio, pois a água do mar estará sempre em movimento, fazendo que as turbinas fiquem girando constantemente.

Figura 9: Aproveitamento de energia das correntes oceânicas.



FONTE: SILVA, 2012.

2.1.5 Energia geotérmica

Outra forma para ser usado como fonte de energia é o calor no interior da terra. Em algumas regiões do planeta encontra temperaturas elevadas no solo em apenas algumas centenas de metros principalmente em regiões vulcânicas (Figura 10) onde existe presença de gêiseres, que são fontes de água quente que brotam do solo. (VILLALVA, 2015)

A fonte de energia geotérmica gerada pela água quente se fica dentro do interior da terra é utilizado desde 1904. Esse tipo de energia ele pode ser explorado em qualquer lugar da terra, mas para ser economicamente competitiva a implementação da suína geotérmica deve ter suas estabelecidas características geológicas (LAVADO, 2009).

O local de instalação de uma usina geotérmica pode ser encontrado com o grau geotérmico normal ou anômalo. Normalmente em primeira instancia o sistema e caracterizado por temperaturadas em torno de 100°C, a profundidade de 1 a 3 km; e em segunda as temperaturas podem varias de 100 a 400°C (COUY; RODRIGUES, 2012).

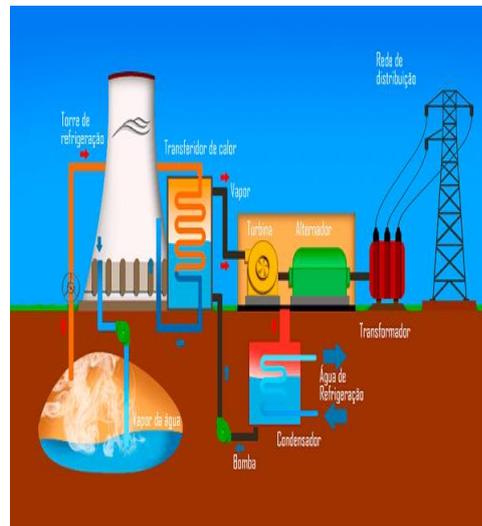
Figura 10: Usina de energia geotérmica de eletricidade.



FONTE: TRANSFORMADORES CH S.A., 2019.

Conforme a figura 11 a produção de energia elétrica por meio das usinas geotérmicas e a instalação de tubulações subterrâneas de água, onde é possível extrair o calor do subsolo levando para centrais geradoras o qual utilizam turbinas a vapor para acionar geradores elétricos. (VILLALVA, 2015)

Figura 11: Funcionamento da usina geotérmica.



FONTE: AS FONTES DE ENERGIAS DO FUTURO, 2018.

2.1.6 Energia da biomassa

A biomassa por ser um recurso renovável substancial, é passível de ser utilizado como um combustível para produção de energia elétrica e outros produtos energético. Para proprietários rurais a implantação desse tipo de produção de energia acaba sendo uma alternativa lucrativa o qual poderá gerar energia para consumo próprio (GALDINO, 2000).

A produção de energia pela biomassa vem causando a grande busca de energias o qual provem da agricultura, onde haverá alterações na estrutura agrícola nos posteriores anos. O Brasil por ser um País que possui fartura abundante de biomassa, vai se beneficiar com tais mudanças (PACHECO, 2006)

Por meio da queima de compostos orgânicos de origem vegetal e animal é possível gerar energia. Segundo Villalva (2015), os combustíveis fósseis são formas de biomassa não renovável. A biomassa renovável é composta por matérias orgânicos, sobre tudo, vegetais que são recompostos pelo plantio e não se esgotam.

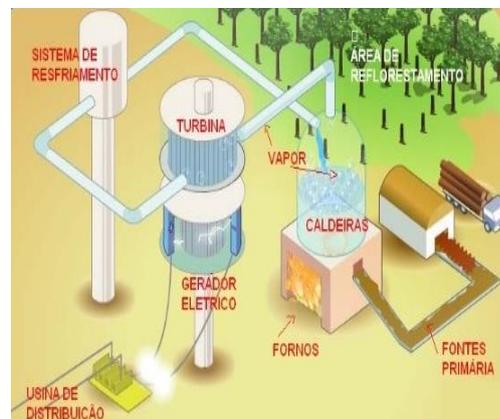
Compostos orgânicos como a madeira, os dejetos agrícolas, a cana-de-açúcar, o milho e qualquer outro material vegetal que forneça energia através da sua queima direta e

considerado biomassa renovável. O composto vegetal é renovável devido a ser reconstituído pelo seu plantio desconsiderando o aspecto negativo por motivo da grande necessidade de áreas para plantio. (VILLALVA, 2015)

De acordo com Villalva (2015), o carbono emitido pela queima dos compostos é capturado da atmosfera pelas plantas para a realização da fotossíntese o qual a biomassa se torna uma fonte limpa de energia.

O funcionamento de uma usina de energia elétrica por biomassa está expressa na Figura 12.

Figura 12: Funcionamento de uma usina de energia por biomassa.



FONTE: AS FONTES DE ENERGIAS DO FUTURO, 2018.

3 EFEITO FOTOVOLTAICO

A busca por novas tecnologias que possam diminuir os impactos ambientais causados pela humanidade ganhou bastante notoriedade nos anos atuais. Novos meios de se obter energia elétrica através de fontes renováveis vêm sendo estudados e desenvolvidos, ganhando destaque não apenas em prol de grandes indústrias, mas também temos exemplos disso em pequenas empresas e residências que usufruem da energia solar por meio das placas fotovoltaicas. (ALMEIDA et al., 2015).

3.1 DEFINIÇÃO

Pode-se descobrir o processo de utilização desse recurso energético a partir da análise do termo “fotovoltaico”. A palavra “foto” vem do grego, “fos, fotos”, o qual significa “luz”, estando diretamente ligado ao Sol, ao mesmo tempo que a palavra “voltaico”, em que

está relacionada ao físico italiano Alessandro Volta, em que se refere à corrente elétrica e à eletricidades formada por métodos químicos. No entanto o efeito fotovoltaico está no apoio da conversão direta de energia solar em energia elétrica. (REIGOTO et al., 2014/2015)

3.2 HISTÓRICO

No princípio da História da energia solar estão marcados por uma descoberta afortunada. O efeito fotovoltaico foi observado em 1839 pelo físico francês que observou pela primeira vez o paramagnetismo do oxigênio líquido, Alexandre Edmond Becquerel. Um muito jovem Becquerel conduzia experiências electroquímicas quando, por acaso, verificou que a exposição à luz de eléctrodos de platina ou de prata dava origem ao efeito fotovoltaico (SILVA, 2004).

Em 1877, Adams e Day, cientistas ingleses, observaram um efeito similar no selênio Sólido, outro tipo de semicondutor. Posteriormente diversas experiências similares foram desenvolvidas por cientistas em todo o mundo. Já em 1883 um inventor americano chamado Charles Fritts, construiu a primeira bateria solar feita com folhas de selênio, conforme Figura 14. Apesar de ter uma eficiência de conversão elétrica de apenas 1%, seu dispositivo teve muita repercussão, pois as pessoas não acreditavam que se poderia gerar energia sem a queima de combustíveis (MACHADO; MIRANDA, 2015).

Figura 13: Primeira bateria solar.



FONTE: BELL LABS, 1955

No ano de 1905, Albert Einstein explica a física do efeito fotoelétrico, e acaba por seu primeiro prêmio nobel pela sua explicação anos depois em 1921. O Cizochraslski decobriu uma forma em 1918 de fabricar a cristais de silício, que são

hoje a base da indústria de semicondutores para comportamento eletrônicos e células fotovoltaicas insista polonês (MACHADO; MIRANDA, 2015).

Mesmo sendo Russel Ohl quem produziu a primeira placa de silício em 1946, considera a moderna célula fotovoltaica de silício teve início em 1954, Calvin Fuller, um químico dos Bell Laboratories, desenvolve o processo de dopagem do silício e trabalha juntamente com Daryl Chapin e Gerald Pearson para desenvolver uma célula solar de silício capaz de gerar uma corrente elétrica mensurável, tendo conseguido em 1954 produzir uma célula fotovoltaica de silício com uma eficácia de cerca de 6% (VALLÊRA; BRITO, 2006).

De acordo com Vallêra e Brito (2006), perante estes resultados, e depois do Pentágono ter autorizado a sua publicação, a primeira célula solar foi apresentada na reunião anual da National Academy of Sciences, em Washington, e anunciada numa conferência de imprensa no dia 25 de Abril de 1954.

A partir de 1955 começou a aplicação da célula solar de silício para alimentar redes telefônicas na Geórgia, Estados Unidos. Em 1958, a célula de silício era uma tecnologia vista pela a NASA como uma curiosidade, mas que teve uma resitencia para incorporá-las no satélite Vanguard I lançado em março de 1958 conforme a Figura 3 substituindo as pilhas químicas. Inicialmente as células iriam ficar como segundo plano como back-up de uma pilha convencional, que após o lançamento do satélite acabou falhando, mas a célula de silício de aproximadamente 100cm² que produzia quase 1w, e manteve a transmissão 5mw em perfeito funcionamento, devido ao sucesso da placa envia com satélite o programa espacial norte americano começou a estudar em 1960 a célula em substrato do tipo p. E com isso tivemos vários avanço como a “célula violeta” dos COMSAT Laboratoriores, essa célula ficou muito conhecida por ter uma espessura fina comparada com as anteriores e obteve uma eficiência recorde de 13,5% de aproveitamento no ano de 1960 (MACHADO; MIRANDA, 2015).

Em 1973 ocorre uma explosão nos custos petrolífera e levou um súbito investimentos investigações de como torna mais eficaz e diminuir valores de produção, algumas tecnologias subsidiadas pelo o programa descobriu novos materiais que poderia ser utilizado para fabricação de novas células como o silício multicristalino que teve o resultado de todo avanço a econômico financeiro e uma eficiência de 20%. Mas com essa eficiência das placas solares, as petrolíferas reduziram o valor de seus produtos causando uma desaceleração no avanço da tecnologia solar consequentemente impedindo a competição entre mercado, tornando a população mais dependente de combustíveis fosseis. (CÂMARA, 2011)

3.3 CONSUMO DE ENERGIA NO PAÍS

O consumo de energia elétrica teve grande acréscimo nos últimos anos. Segundo dados apontados por Schimidt e Lima (2004), em 1960, o consumo médio era de 18.346 GWh e teve um notável acréscimo até o ano de 2000, onde o consumo expandiu para 304.634GWh, representando para esse período uma taxa média de crescimento equivalente a 7,35% ao ano.

Bermann (2009) aposta dados referentes ao consumo de eletricidade no Brasil nos anos de 2000 e 2007, apresentando o persevero aumento do mesmo. Como foi aprontado para o ano de 2000, o consumo foi superior a 300 bilhões de KWh/ ano, tento a seguinte distribuição na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Distribuição do consumo de eletricidade no Brasil - 2000.

Setores	Consumo de Eletricidade
Energético	3,2 %
Mineração	2,3 %
Agopecuário	3,8 %
Indústria pesada	26,9 %
Indústria leve	16 %
Transporte	0,3 %
Residencial	25,3 %
Comércio	13,5 %
Público	8,7 %
Total	100 %

FONTE: BERMANN, 2009 (ALTERADO).

Já em 2007, o consumo ultrapassou os 400 bilhões de KWh/ano. A Tabela 2 mostra como foi a distribuição desse consumo.

Tabela 2: Distribuição do consumo de eletricidade no Brasil - 2007.

Setores	Consumo de Eletricidade
Energético	4,2 %
Mineração	2,6 %
Agopecuário	4,3 %
Indústria pesada	26,5 %
Indústria leve	17,7 %
Transporte	0,4 %
Residencial	22,1 %
Comércio	14,2 %
Público	8,2 %
Total	100 %

FONTE: BERMANN, 2009 (ALTERADO).

3.4 VANTAGENS PARA O BRASIL, PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR

De acordo com Nascimento (2017), a média diária de irradiação global no território brasileiro, conforme mostra na Figura 15, apresenta uma boa semelhança, com medidas moderadamente altas em toda extensão do País.

Pouco tempo atrás a energia solar fotovoltaica no Brasil era empregada principalmente em pequenos sistemas isolados ou autônomos em locais que não eram atendidos pela rede elétrica, por exemplo nas zonas rurais.

Figura 14: Média de irradiação solar diária no Brasil.



FONTE: IDEAL, 2010.

Os maiores potenciais de energia solar no Brasil encontram-se em Minas Gérias, Goiás, Tocantins e estados da região nordeste, o qual tem um maior índice de radiação solar. (NASCIMENTO, 2017)

Segundo Villalva (2015), residências brasileiras de pequeno porte passaram ser atendidas com sistemas fotovoltaicos autônomos a partir do programa Luz para todos, criado pelo Governo em 2003.

Sistemas fotovoltaicos conectados à rede vêm aumentando seu número no Brasil, e sua utilização irá ter um grande salto nos próximos anos, devido a aprovação pela (Aneel) o uso de sistemas de geração de energia conectados à rede elétrica de distribuição (VILLALVA, 2015).

O surgimento de casas, empresas e outros tipos de unidades consumidoras, faz com que a demanda de energia aumente. Onde o uso de placas fotovoltaicas entra para suprir o aumento da demanda, utilizando o sistema fotovoltaico conectada a rede em cada nova unidade consumidora (ZILLES, 2012).

Uma visão do mercado nacional de energia solar e a possibilidade de financiamentos como o (Finame) Financiamento de máquinas e equipamento, promovido pelo (BNDES) Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social tem atraído fabricantes mundiais de painéis solares e inversores eletrônicos no País, devido aos incentivos implantados para maior facilidade de compra do sistema fotovoltaico (VILLALVA, 2015).

3.5 PLACAS FOTOVOLTAICAS

De acordo com Papa (2017), as placas fotovoltaicas são formadas por célula que permitem a conversão direta de energia luminosa do sol em energia elétrica devido a captação da radiação solar.

As células fotovoltaicas são formadas em destaque por silício, o qual produz corrente elétrica quando atingidos pela radiação solar. Uma célula que é constituída por silício puro não produz energia elétrica. Para produção de energia tem que existir uma diferença de potencial entre as duas camadas da célula, para isso deve ser feito a dopagem do silício (PAPA, 2017).

Figura 15: Módulo fotovoltaico.

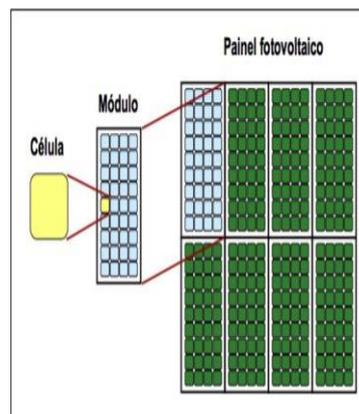


FONTE: AUTOR, 2019

Segundo Reigoto et al. (2014/2015), a dopagem é constituída por duas camadas desse material semicondutor, uma do tipo N (silício dopado com fósforo) e outra do tipo P (silício dopado com boro), com características negativas e positivas, respectivamente, e sendo a junção de ambas um díodo, onde a circulação da corrente elétrica é feita apenas num sentido, da camada P para a N. Se um fóton é absorvido nessa célula, desloca-se um elétron de P para N, provocando um déficit de elétrons em P e um excesso de elétrons em N.

Conforme Braga (2008), uma célula fotovoltaica possui baixa tensão e corrente de saída. Para conseguir tensões e correntes de saídas adequadas para a sua utilização é feito o agrupamento de várias células formando um módulo fotovoltaico - ou painéis fotovoltaicos.

Figura 16: Processo hierarquizado de agrupamento .



FONTE: CARNEIRO, 2010.

O silício é o material semicondutor que é mais utilizado na produção de circuitos integrados, além de ser o mais utilizado no processo de fabricação de células fotovoltaicas.

Segundo Braga (2008), elas podem ser fabricadas usando-se vários tipos de elementos semicondutores. Entretanto as que são mais utilizadas é a de silício, que podem ser constituídos e classificados de acordo com a sua estrutura molecular, que são os monocristalinos, policristalinos e silício amorfo.

3.5.1 Silício monocristalino

É composta por um único cristal (Figura 21), que é fatiado e recebe um tratamento de silício fundido com uma pequena quantidade de dopante que é o boro tipo “P”, semicondutor. Após o corte é introduzido impureza do tipo “n” e recebe vapor de fósforo em fornos de alta temperatura, garantindo homogeneidade da célula e aumentando a sua eficiência (PINHO; GALDINO, 2014)

A célula silício monocristalino é mais eficiente por ser de um único cristal, isso alcançando uma eficiência 15% a 18%, porém o seu custo é mais elevado em relação as outras placas disponíveis no mercado. (VILLALVA, 2015)

No meio de as células fotovoltaicas que usam o silício como material base, as monocristalinas são, em geral, as que apresentam as maiores eficiências. Elas podem atingir cerca de 15 %, podendo chegar a 18 % de eficiência em células desenvolvidas em laboratórios (BRAGA, 2008).

Figura 17: Célula silício monocristalino.



FONTE: AUTOR, 2019

3.5.2 Silício policristalino

A maior parte da tecnologia fotovoltaica atual é representada pelo silício policristalino. Comparado ao silício monocristalino, o policristalino possui suas vantagens em relação ao custo

de fabricação, conseqüentemente uma menor geração de energia elétrica por radiação solar. (GASPARIN, 2012)

Segundo Villalva (2015), as células de silício policristalinos apresentam formas variadas e frequentemente são achadas na cor azul (Figura 19), isso dependendo da função de tratamento. Entretanto por possuir um método de fabricação mais barato que das células monocristalinas, sua eficiência comercia chega a ser entre 13% a 15%.

A fabricação do silício policristalino e obtido através da solidificação controlada, o qual forma vários pedaços de cristais com a mesma matéria sólida (GASPARIN, 2012).

Estas células são feitas a partir de conjuntos de silício obtidos por fusão de silício puro em moldes especiais. Sua eficiência na conversão de luz solar em eletricidade é ligeiramente menor do que nas de silício monocristalino (NASCIMENTO, 2004).

Figura 18: Célula silício policristalino.



FONTE: AUTOR, 2019

3.5.3 Silício amorfo

Sendo a primeira tecnologia de filme fino desenvolvida, o silício amorfo (Figura 23) tem sua eficiência mais baixa comparado aos dispositivos cristalinos. Sua maior desvantagem é devida sua baixa eficiência de 5% a 8% (VILLALVA, 2015).

Segundo Gasparin (2012), um módulo de silício amorfo ele é produzido com custo inferior que o silício cristalino, no entanto sua eficiência e durabilidade é menor que do silício cristalino.

O que deve se destacar sobre a aplicação do silício amorfo em módulos fotovoltaicos, é que a partir de serem expostas ao sol por um longo período de tempo, o material tem sua eficiência reduzida, devido ao efeito Staebler-Wronski, conseqüentemente a esse efeito a célula pode sofrer uma perda de aproximadamente 30% de sua eficiência (GASPARIN, 2012).

De acordo com Nascimento (2004), estas células são obtidas por meio da deposição de camadas finas de silício sobre superfícies de vidro ou metal. Sua eficiência na conversão de luz solar em eletricidade varia entre 5% e 7%.

Figura 19: Celula silício amorfo.



FONTE: ARCHIEXPO, 2018.

3.6 SISTEMA FOTOVOLTAICO

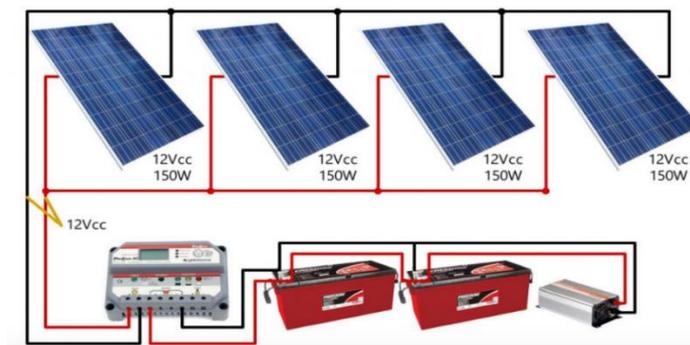
Um sistema fotovoltaico de energia é composto por um ou mais módulos fotovoltaicos e por um conjunto de equipamentos complementares, como baterias, controladores de carga, inversores e outros equipamentos de proteção.

A ligação das células para a composição do modulo fotovoltaico é realizado através de ligações em série, paralelo ou mista, para alcançar valores de tensão e correntes diferentes (CARNEIRO, 2010).

3.6.1 Associação em paralelo

Células fotovoltaicas associadas em paralelo figura 20 apresentam terminais do mesmo tipo ligados a um ponto em comum. Sendo assim, os polos positivos são ligados a um ponto, enquanto os negativos são ligados a outro. Ainda que a tensão continue a mesma, a corrente total é a soma das correntes individuais de cada célula como mostra na figura a baixo.

Figura 20: Associação em paralelo

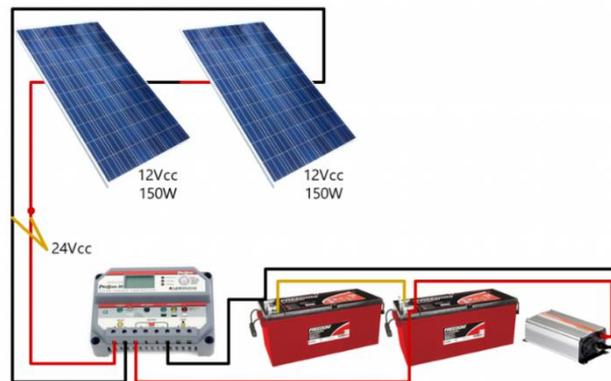


Fonte: AQUINO, 2016

3.6.2 Associação em série

Na associação em série, cuja representação pode ser examinada na figura 21, o terminal positivo de um módulo é ligado ao terminal negativo de outro. Para este caso a corrente será igual às correntes individual, mas a somatória das tensões de cada módulo será a tensão total.

Figura 21: Associação em série



Fonte: AQUINO, Eduardo, 2016

3.6.3 Baterias

De acordo com Braga (2008), a função prioritária das baterias, também chamadas de acumuladores eletroquímicos, num sistema de geração fotovoltaico é acumular a energia que se produz durante as horas de luminosidade a fim de poder ser utilizada à noite ou durante períodos prolongados de mau tempo.

Uma outra função para a bateria é manter a corrente e a tensão na hora de alimentar cargas elétricas, suprimindo problemas que possam acontecer na geração.

3.6.4 Controlador de carga

Segundo Serrão (2010), para que um banco de baterias seja carregado, é necessário que a tensão de carga seja sempre superior à tensão da bateria, caso contrário as baterias enviarão energia para o sistema. As tensões não podem ser superior ao limite determinado, onde as cargas muito rápidas diminuem a vida útil das baterias. Nesse caso é necessário um

mecanismo que controle a tensão a ser aplicada no banco de baterias, e que não permita a circulação de corrente para os painéis.

Conforme Braga (2008), este acessório monitora a carga da bateria e defende que a mesma se descarregue completamente, ampliando a sua vida útil. Já em períodos de superior insolação e pequeno consumo de energia, a bateria visa a se carregar em abundância aumentando a sua tensão e reduzindo a sua vida útil.

3.6.5 Inversores

Conforme Braga (2008), pode ser utilizado para alimentar uma carga isolada, mas também para interligar um gerador fotovoltaico à rede. O principal papel dos inversores num modelo de geração fotovoltaico é o de criar corrente CA a partir de corrente CC, visto que uma célula fotovoltaica gera corrente CC.

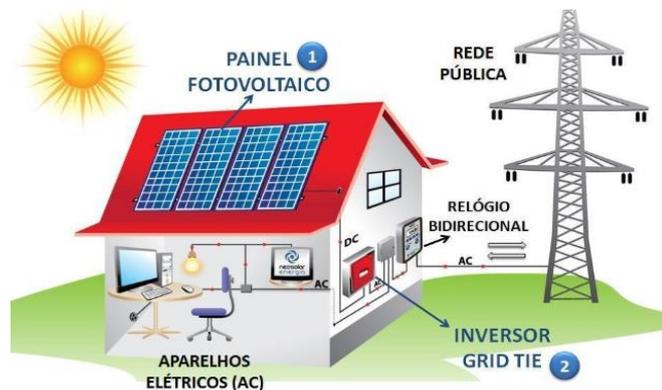
A maior parte dos equipamentos elétricos que são utilizados em nosso dia-a-dia são sustentados em corrente alternada, que é compatível com a energia da rede elétrica que chega em nossas casas.

3.6.6 Sistema conectado à rede

Representam uma fonte adicional ao sistema elétrico de grande porte ao qual estão conectados. Para a injeção de energia na rede são utilizados inversores especiais que devem satisfazer a severas exigências de qualidade e de segurança. O sistema normalmente não armazena energia, pois toda gerada é entregue logo à rede. (BRAGA, 2008).

Na figura 22 mostra um sistema de energia solar conectado à rede elétrica, o que normalmente a energia ela é injetada diretamente a rede de baixa tensão, onde o medidor bidirecional faz o balanço de energia gerada e consumida.

Figura 22: Sistema conectado a rede elétrica



Fonte: VEM PRO SOL, 2016

3.6.7 Sistema Isolado

Os sistemas isolados apresentado na figura 23, também conhecidos como autônomos, eles podem ou não utilizar uma espécie de armazenamento de energia.

O sistema ele é totalmente fotovoltaico, onde ele não representa nenhum tipo de fonte de energia complementar para conversão de energia. São sistemas indicados para instalação a consumidores que queiram um custo inferior em relação ao sistema “ligado à rede elétrica”.



Fonte: VEM PRO SOL, 2016

3.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Segundo às vantagens, a energia solar fotovoltaica apresenta numerosas. Trata-se de uma energia limpa, pois não gera nenhum tipo de poluição. A vida útil dos módulos é superior a 25 anos, requerendo mínima manutenção.

Algumas de suas vantagens são:

- Não consome combustível;
- Não produz poluição nem contaminação ambiental;
- É silencioso;
- Tem uma vida útil superior a 25 anos;
- É resistente a condições climáticas extremas (granizo, vento, temperatura e umidade);
- Não possui peças móveis e, portanto, exige pouca manutenção (só a limpeza do painel);

- Permite aumentar a potência instalada através de incorporação de módulos adicionais;
- Gera energia mesmo em dias nublados.

Suas principais desvantagens:

- As células fotovoltaicas necessitam de tecnologia sofisticada para a sua fabricação;
- O custo de investimento é elevado;
- O rendimento real de conversão de um módulo é reduzido, face ao custo de investimento;
- Seu rendimento é atrelado ao índice de radiação, temperatura, quantidade de nuvens, dentre outros.

4 ESTUDO DE CASO

Para fim de aplicação do referencial teórico tem-se o estudo de caso com foco em dois locais, onde os proprietários optaram pelo investimento nas placas fotovoltaicas. Estes consumidores ponderaram esse investimento em relação ao grande consumo de energia elétrica vinculado ao seu oneroso custo. Foi escolhidos um estabelecimento comercial e uma residência mista o qual o proprietário possui uma pequena empresa, onde foi feito uma comparações de gastos com energia elétrica antes da instalação do sistema fotovoltaico e gastos posteriores a instalação das placas.

Foi mostrado o investimento inicial para instalação feita de cada caso, mostrando suas reduções de gastos em KWh (Quilowatt-hora), o valor em dinheiro reduzido pago na fatura mensal e a opinião real do dono sobre seu investimento.

No estudo de caso serão utilizados dados obtidos de dois estabelecimentos distintos, para que seja comparado os benefícios da instalação de um sistema de energia elétrica a partir de placas fotovoltaicas.

Para estudo de um painel fotovoltaico de médio porte será observado dados coletados em um estabelecimento comercial de venda de bebidas e comidas, onde o local possui vários equipamento eletrônico e elétricos, como televisão, freezer, chapeira elétrica dentre outros, o qual o sistema dispõe de 60 módulos solares (Figura 24).

Figura 24: Painéis fotovoltaicos



Fonte: AUTORES, 2019

A partir da coleta de dados obtivemos os seguintes resultados:

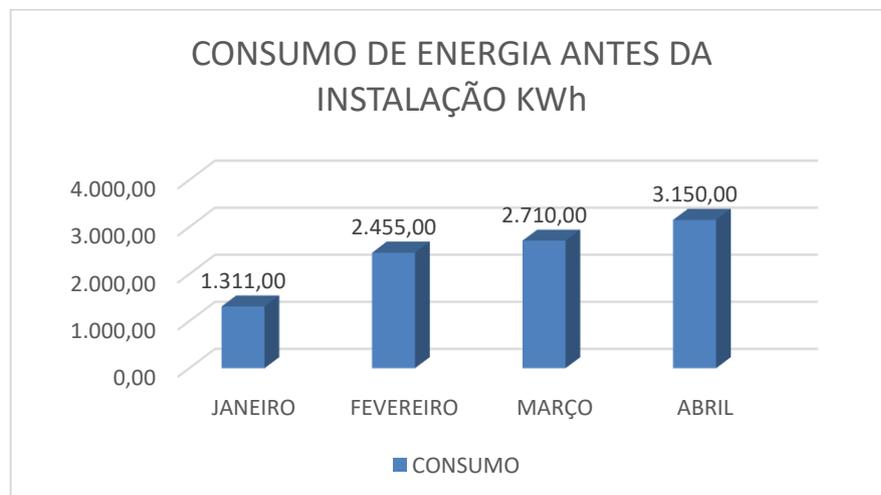
Tabela 3: Gastos com energia

GASTOS DE ENERGIA			
ANTES DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO			
MÊS	CONSUMO (KWH)	TOTAL R\$	MÉDIA
JANEIRO	1.311,00	R\$ 1.155,98	R\$ 1.968,06
FEVEREIRO	2.455,00	R\$ 2.173,71	
MARÇO	2.710,00	R\$ 2.468,27	
ABRIL	3.150,00	R\$ 2.074,26	
POSTERIORMENTE A INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO			
MÊS	CONSUMO (KWH)	TOTAL R\$	MÉDIA
MAIO	1.147,00	R\$ 443,87	R\$ 519,98
JUNHO	1.274,00	R\$ 497,33	
JULHO	1.543,00	R\$ 547,28	
AGOSTO	1.521,00	R\$ 534,77	
SETEMBRO	1.587,00	R\$ 576,64	
INVESTIMENTO PARA INSTALAÇÃO		R\$ 75.000,00	
CÁLCULOS			
MÉDIA ANTES /DEPOIS	R\$ 1.448,08		
MÉDIA DE SOBRA POR MÊS	R\$ 1.448,08	R\$ 17.376,92	17376,92 POR ANO
TEMPO PARA SE PAGAR	4,316068828	4,5 ANOS	

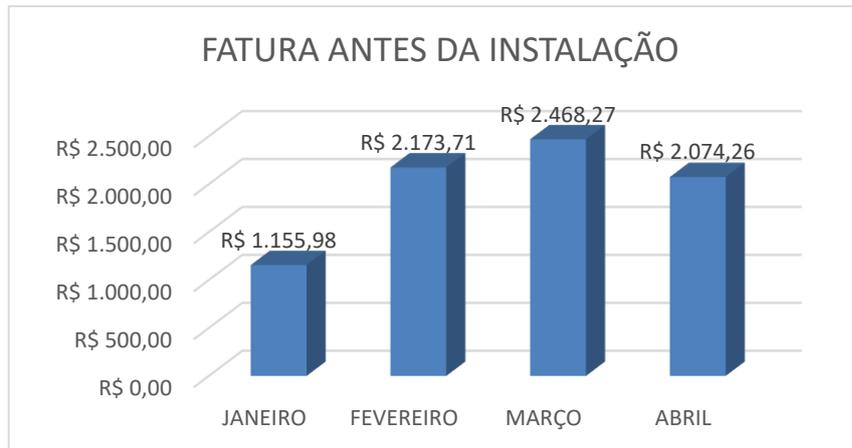
Fonte: AUTORES, 2019

Análise dos dados antes da instalação do sistema fotovoltaico.

Figura 25 : Consumo de energia antes da instalação

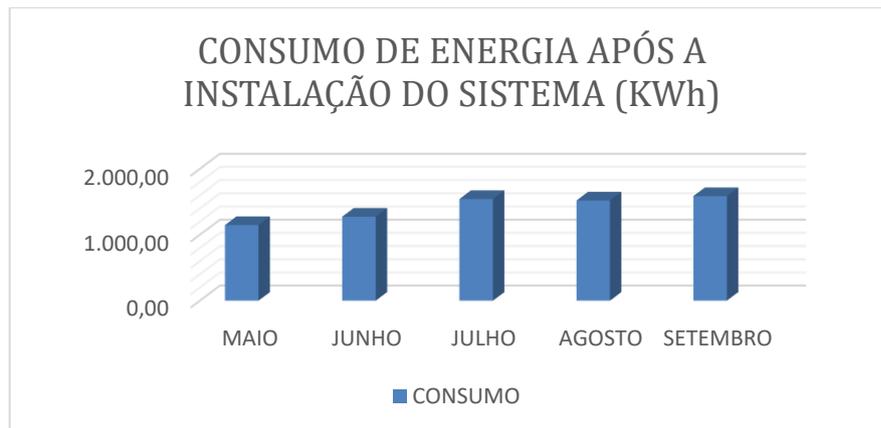


Fonte: AUTORES, 2019

Figura 26 : Fatura antes da instalação

Fonte: AUTORES, 2019

Análise dos dados após a instalação do sistema fotovoltaico:

Figura 27: Consumo de energia após a instalação do sistema (KWh).

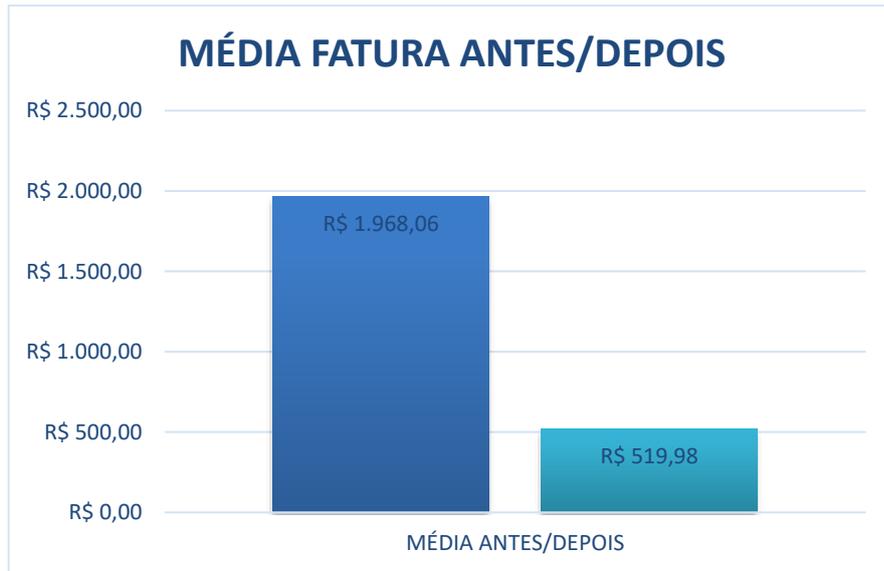
Fonte: AUTORES, 2019

Figura 28: Fatura após a instalação do sistema (AUTORES, 2019).

Fonte: AUTORES, 2019

Conforme as figuras seguir houve uma queda significativa em relação aos meses anteriores, pois o proprietário do estabelecimento comercial optou a utilizar todos os equipamentos de uso no local elétrico.

Figura 29: média fatura antes/depois



Fonte: AUTORES, 2019

Para estudo de uma residência familiar de 100 m², que possui três quartos, 2 banheiros, sala e cozinha, onde também o proprietário possui uma pequena empresa dentro de sua residência onde seu consumo é um pouco maior que o esperado, foi observado dados que dispõe de 24 módulos solares (Figura 30).

Figura 30: Painel fotovoltaico de pequeno porte



Fonte: AUTORES, 2019

A partir da coleta de dados obtivemos os seguintes resultados:

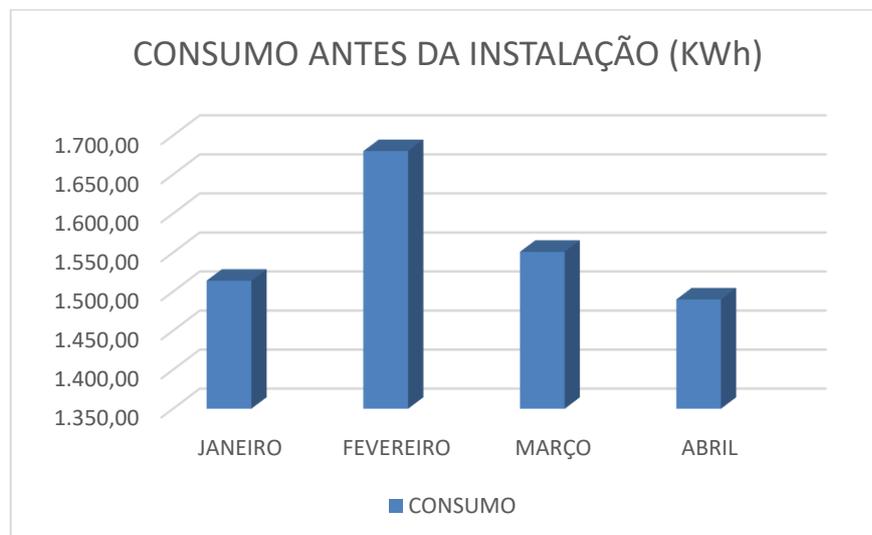
Tabela 4: Gastos com energia

GASTOS DE ENERGIA			
ANTES DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO			
MÊS	CONSUMO (KWH)	TOTAL R\$	MÉDIA
JANEIRO	1.514,00	R\$ 1.335,11	R\$ 1.368,22
FEVEREIRO	1.680,00	R\$ 1.493,10	
MARÇO	1.551,00	R\$ 1.370,16	
ABRIL	1.490,00	R\$ 1.274,50	
POSTERIORMENTE A INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO			
MÊS	CONSUMO (KWH)	TOTAL R\$	MÉDIA
MAIO	1.000,00	R\$ 568,46	R\$ 176,91
JUNHO	778,00	R\$ 252,71	
JULHO	626,00	R\$ 0,00	
AGOSTO	628,00	R\$ 63,37	
SETEMBRO	853,00	R\$ 0,00	
INVESTIMENTO PARA INSTALAÇÃO		R\$ 29.000,00	
CÁLCULOS			
MÉDIA ANTES /DEPOIS	R\$ 1.191,31		
MÉDIA DE SOBRA POR MÊS	R\$ 1.191,31	R\$ 14.295,71	14.295,71 POR ANO
TEMPO PARA SE PAGAR	2,02858	2,5 ANOS	

Fonte: AUTORES, 2019

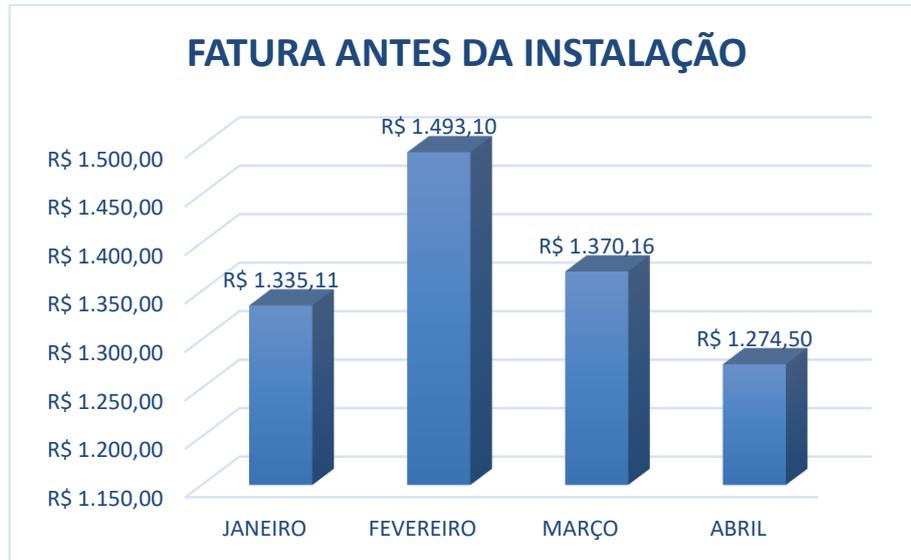
Análise dos dados antes da instalação do sistema fotovoltaico:

Figura 31: consumo antes da instalação (KWh)



Fonte: AUTORES, 2019

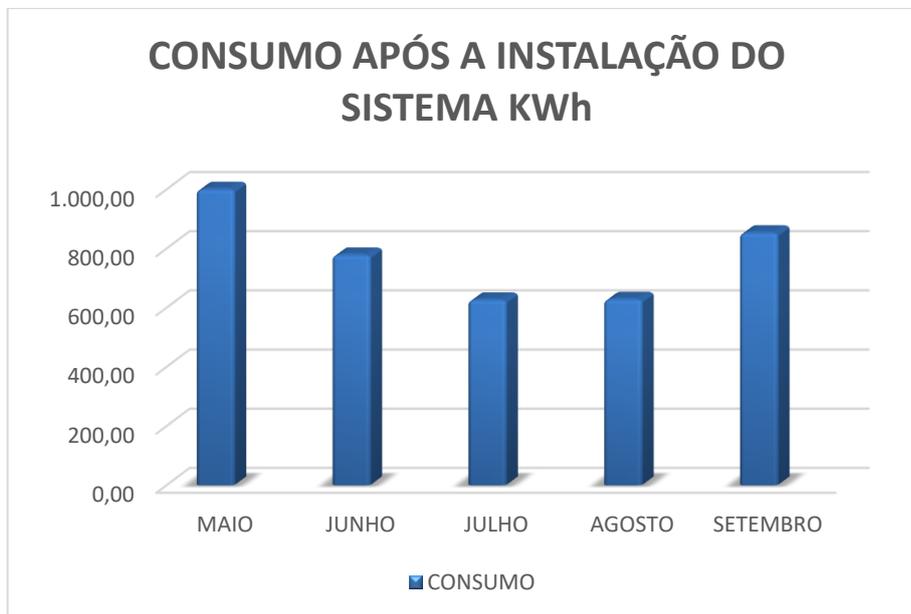
Figura 32: Fatura antes da instalação.



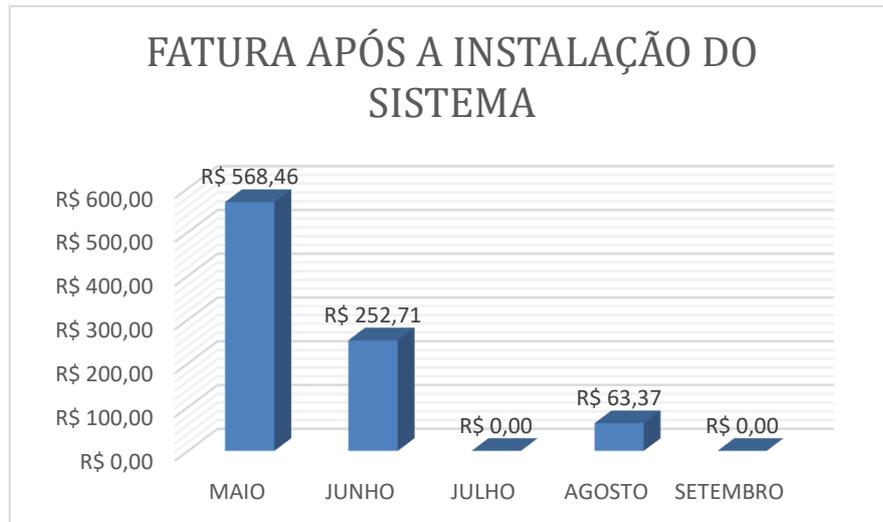
Fonte: AUTORES, 2019

Análise dos dados após a instalação do sistema fotovoltaico:

Figura 33: Consumo de energia após a instalação do sistema (KWh).

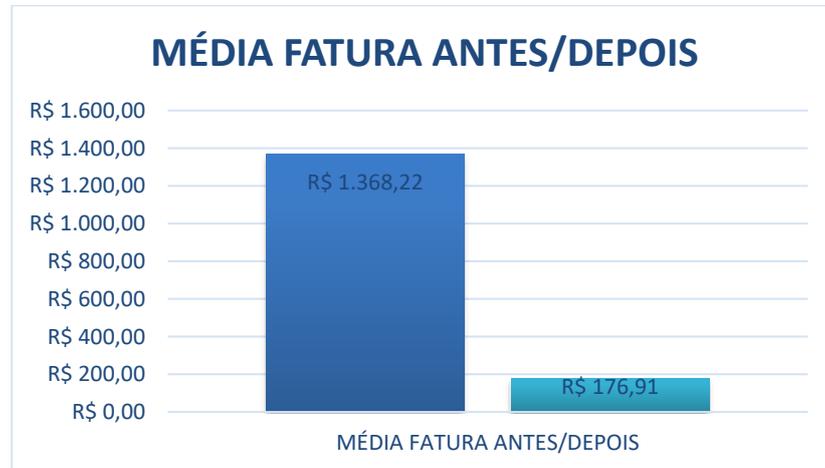


Fonte: AUTORES, 2019

Figura 3164: Fatura após a instalação do sistema

Fonte: AUTORES, 2019

Como podemos notar na figura a seguir, a média de gastos da casa depois da instalação houve uma queda em relação aos meses anteriores que não possuía o sistema.

Figura 35: Média fatura antes/depois

Fonte: AUTORES, 2019.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do levantamento bibliográfico realizado, podemos observar que com o decorrer dos anos a necessidade de uma maior demanda de energia se desenvolve, a tecnologia aumenta. Tudo que envolve na utilização do ser humano passa a ser abastecido por energia elétrica.

No entanto busca de uma forma de diminuir gastos, e o meio de atender a demanda necessária de energia e sempre focando preservar ao meio ambiente, as fontes renováveis são as opções mais viáveis.

Foi possível observar que além de serem benéficas para o meio ambiente, elas são benéficas para a redução de gastos em relação ao consumo de energia, além de serem fontes de energia que não tem fim.

A energia solar é uma fonte inesgotável, onde o Brasil possui uma grande vantagem, devido ter uma grande incidência de radiação solar por toda sua área terrestre, sendo uma das fontes de energia renovável que mais cresce no País, por ter vários benefícios que o Governo criou para a facilidade de aquisição dos sistemas de energia limpa.

Com a realização do estudo de caso, foi possível visualizar que o sistema é muito eficiente, onde podemos ver que a redução em termos financeiros e bastante significava, onde também o locais estarão seguros em relação a vários eventos possíveis de acontecer. Como por exemplo no estabelecimento comercial, na qual eles usavam vários equipamento que utilizavam o gás de cozinha o qual esses foram substituídos por aparelhos elétricos.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, Eduardo. **Como ligar Painel Solar de forma Fácil**. 2016. Disponível em: <<https://www.eduardoaquino.com.br/como-ligar-painel-solar-de-forma-facil/>>. Acesso em: 13 outubro 2019.
- ALMEIDA, Eliane et al. Energia Solar Fotovoltaica: Revisão Bibliográfica. **Engenharias Online**, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p.21-33, 2015. Disponível em: <<http://fumec.br/revistas/eol/article/view/3574/1911>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- ArchiExpo. **PANNELLO FOTOVOLTAICO AL SILICIO AMORFO**. 2018. Disponível em: <<http://www.archiexpo.com/pt/prod/quiet-revolution/product-62583-1977805.html>>. Acesso em: 31 maio 2019.
- ArchiExpo. **TURBINA EÓLICA DE EIXO VERTICAL / 3 PÁS / ON-SHORE QR6**. 2018. Disponível em: <<http://www.archiexpo.com/pt/prod/quiet-revolution/product-62583-1977805.html>>. Acesso em: 24 maio 2019.
- AS FONTES DE ENERGIAS DO FUTURO. Instituto Federal do Piauí (Org.). **Por que as fontes de energias renováveis serão importantes para o futuro?** 2018. Orientado por Adriana Rocha. Disponível em: <<https://wibygomes.blogspot.com/>>. Acesso em: 31 maio 2019.
- BERMANN, Célio. Energia para quê e para quem no brasil. In: HEINRICH BÖLL FOUNDATION BRAZIL, 9, 2009, Rio de Janeiro. **Workshop**. Rio e Janeiro: Rio 9, 2009. Disponível em <http://www.http://br.boell.org/sites/default/files/downloads/energia09_port_Apresentacao_LAREF_2009_-_celio_bermann.pdf> Acesso em: 14 mar 2019.
- BRAGA, Renata Pereira. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. 2008. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- CÂMARA, Carlos Fernando. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. 2011. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- COUY, Saniely Eduarda Magalhães; RODRIGUES, Flaviany Lopes. AVALIAÇÃO DOS RECURSOS GEOTÉRMICOS DE MINAS GERAIS. **Revista Vozes dos Vales da Ufvjm: Publicações Acadêmicas**, Minas Gerais, p.1-17, maio 2012.
- COSTA, Ricardo Cunha da; PRATES, Cláudia Pimentel T.. O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. O Papel das Fontes Renováveis de Energia no Desenvolvimento do Setor Energético, Rio de Janeiro, p.5-30, fev. 2005. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2436/2/BS%2021%20O%20papel%20das%20fontes%20renov%C3%A1veis_P.pdf>. Acesso em: 28 maio 2019.

EPE. **Matriz Energética e Elétrica.** 2018. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica/>>. Acesso em: 24 maio 2019.

GALDINO, M. A.E. et al. O contexto das energias renováveis no Brasil. Revista da Direng. Rio de Janeiro, p.17-25. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>> Acesso em: 14 mar 2019.

GASPARIN, Fabiano Perin. **Análise de efeitos transientes na caracterização elétrica de módulos fotovoltaicos.** 2012. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

iGUI Ecologia. **Energia Eólica.** 2015. Disponível em: <<https://www.iguiecologia.com/energia-eolica/>>. Acesso em: 24 maio 2019.

Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (IDEAL) (Florianópolis) (Org.). **América do sol.** 2010. Disponível em: <<http://americadosol.org/>>. Acesso em: 23 maio 2019.
marsemfim.com.br. Acesso em: 23 de maio 2019

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S.. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. Revista Virtual de Química, Niterói, v. 7, n. 1, p.126-143, fev. 2015. Disponível em: <<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v7n1a08.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2019.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica.** 2004. 21 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

LAVADO, Ana Luísa Catararé. **OS ACTUAIS DESAFIOS DA ENERGIA. IMPLEMENTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS.** 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2009.

CARNEIRO, Joaquim. **MÓDULOS FOTOVOLTAICOS: CARACTERÍSTICAS E ASSOCIAÇÕES.** 2010. 18 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Azurém, 2010.

PACHECO, Fabiana. Energias Renováveis: breves conceitos. Conjuntura & Planejamento, Salvador, v. 1, n. 149, p.4-11, out. 2006. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=284>. Acesso em: 14 mar. 2019.

PAPA, Debora Martins. **Tecnologias Avançadas de Manutenção de Centrais Fotovoltaicas.** 2017. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2017.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marcos Antonio (Org.). Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Grupo de Trabalho de Energia Solar, 2014. 530 p.

REIGOTO, Anabela et al. **Energia Solar: Microgeração.** 2015. 30 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2015.

REIS, Pedro. **Fontes de energia renováveis e não renováveis**. 2019. Portal Energia. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/fontes-de-energia/>>

SERRÃO, Marcos Antonio dos Santos. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma casa de veraneio em Pouso da Cajaíba - Paraty**. 2010. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SCHMIDT, Cristiane Alkmin Junqueira; LIMA, Marcos A. M.. A demanda por energia elétrica no Brasil. **Rev. Bras. Econ.** Rio de Janeiro , v. 58, n. 1, p. 68-98, Mar. 2004. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71402004000100004&lng=en&nrm=iso>. access on 01 June 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71402004000100004>.

SILVA, Palmira F. (Org.). **Breve história da energia solar**. 2004. Página desenvolvida no âmbito projecto Photovoltaic cells based on conducting polymers and anthocyanins. Disponível em: <<http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>>. Acesso em: 31 maio 2019.

SILVA, Rodrigo Guerreiro. A geração de energia maremotriz e suas oportunidade nos Brasil. **Revista Ciências do Ambiente On-line**, Campinas, v. 8, n. 2, p.82-87, out. 2012. Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação – UNICAMP. Disponível em: <<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/issue/view/21>>. Acesso em: 31 maio 2019.

SOLAM (Org.). **Solam: Soluções Ambientais e Segurança do Trabalho**. 2008. Disponível em: <<http://solam.com.br/>>. Acesso em: 23 maio 2019.

TIEPOLO, Gerson M. et al. Fontes Renováveis de Energia e a Influência no Planejamento Energético Emergente no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 8., 2012, Curitiba. **Energia para o Século XXI: Sociedade e Desenvolvimento**. Curitiba: Cbpe, 2012. p. 1 - 14.

Toda Matéria: Conteúdos Escolares. 2011. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/>>. Acesso em: 24 maio 2019.

TRANSFORMADORES CH S.A. (Chile). **¿Cuál es el futuro de la energía nuclear en Chile?** Disponível em: <<http://www.transformadores.cl/blog/energia-nuclear-chile/>>. Acesso em: 31 maio 2019.

VALLE, Bruno Toso del. **Yaw System Protection strategy Optimization**. 2017. 29 f. TCC (Graduação) - Curso de Ingeniería En Tecnologías Industriales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, Barcelona, 2017.

Vallêra, António M.; Brito, Miguel Centeno. Meio Século De História Fotovoltaica. *Gazeta de Física*, 2006. v. 29, n. 1-2, p. 10-15. Acesso em 13 de Março de 2019, disponível em: <<https://www.spf.pt/magazines/GFIS/76/pdf>>

VIENA ENGENHARIA. **Projeto básico e projeto executivo para geração de energia elétrica por fonte solar fotovoltaica**. 2014. Disponível em:

<<https://www.vienaengenharia.com/service/energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 31 maio 2019.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica Conceitos e Aplicações: Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015. 296 p.

Wikipedia. Alexandre Edmond Becquerel. 2016. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Alexandre_Edmond_Becquerel>. Acesso em: 31 maio 2019.

ZILLES, Roberto. **3 textos: Energia que transforma: Energia solar fotovoltaica**. Rio de Janeiro: Fundação Roberto Marinho, 2012. 150 p. 2016.