



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



JONATHAN HUNDER DUTRA GHERARD PINTO

**UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA E AQUECIMENTO DE ÁGUA EM UMA RESIDÊNCIA**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto, 2016

JONATHAN HUNDER DUTRA GHERARD PINTO

**UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA E AQUECIMENTO DE ÁGUA EM UMA RESIDÊNCIA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Luiz Fernando Rispoli Alves

Co-orientador: Diógenes Viegas Mendes
Ferreira

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Março/2016

Monografia defendida e aprovada, em 01 de março de 2016, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves - Orientador



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Professor Convidado



Prof. Dr. Savio Augusto Lopes da Silva – Professor Convidado

P659u Pinto, Jonathan Hunder Dutra Gherard.
Utilização da energia solar para a geração de energia elétrica e aquecimento de água em uma residência [manuscrito] / Jonathan Hunder Dutra Gherard Pinto. – 2016.
ix, 47f. : il., color., graf; tab; e mapas.

Orientador(es): Prof. Dr. Luiz Fernando Ríspoli Alves; Diógenes Viegas Mendes Ferreira.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Colegiado do Curso de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas fundamentais.
Área de concentração: Engenharia de Controle e Automação.

1. Automação industrial. 2. Geração de energia fotovoltaica.
3. Energia solar. 4. Energia – Fontes alternativas. I. Universidade Federal de Ouro Preto. II. Título.

Fonte de catalogação: bibem@sisbin.ufop.br

DEDICATÓRIA

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado saúde e sabedoria para que pudesse concluir mais uma etapa em minha vida. À minha mãe, por todo carinho e dedicação, por nunca medir esforços para realizar meus sonhos! Te amo, essa vitória é para você! Ao meu pai e à minha avó Marieta, que se tornaram anjos e onde quer que estejam estão cuidando de mim. À Erika e à Iaiá por terem cuidado de mim por todo este tempo e por terem me presenteado com Arthur, Maria Tereza e Ana Laura. Aos meus “pais” e melhores amigos Juninho e Michael, muito obrigado por todo ensinamento e conselhos, amo vocês! À parte da família que foi crescendo aos poucos: Danilo, obrigado pelo carinho; Bruno, pela ajuda; Tets, pela amizade e pelos cuidados e Nat, minha parceira e companheira de casa desde 2009, obrigado por todo esse tempo, você foi fundamental!

Agradeço à UFOP pelos mestres e todos ensinamentos que pude adquirir. Obrigado Luiz Fernando Rispoli, Paulo Monteiro e Diogénes!

Agradeço a todos que me ajudaram nessa trajetória, amigos que construí na faculdade e que levarei para toda vida, em especial, Diego, Pedrão, Gustavo e Baiano!

Por fim, agradeço ao melhor presente que o destino me proporcionou em Ouro Preto: Lets. Obrigado por tudo, você foi fundamental nesse ciclo! Te amo para sempre!

RESUMO

Com o crescimento populacional, a evolução do setor industrial e, conseqüentemente, o aumento do poder de compra, aumenta-se o consumo de energia elétrica mundialmente. Atualmente, a matriz energética do mundo utiliza combustíveis derivados do petróleo pelo fato de ter um grande coeficiente energético. No entanto, além de ser uma fonte não-renovável, é gerada uma grande degradação ao meio ambiente.

Além dos danos citados acima outros problemas para a população brasileira, são as altas taxas cobradas por concessionárias de energia e as áreas com difícil acesso de distribuição de energia. Esses fatores tornam-se essenciais para a busca de fontes alternativas de energia.

De acordo com os dados gerados pelo Greenpeace (2007), somente com fontes alternativas de se obter energia elétrica, será possível reduzir 20% do consumo desta no Brasil, além de conseguir diminuir as emissões de CO₂ em 10%, contribuindo para a diminuição do efeito estufa.

Com base nas necessidades acima, foi desenvolvido este trabalho o qual visa realizar o estudo em alguma das fontes renováveis de energia: aquecimento solar e energia fotovoltaica.

O aquecimento solar de água tem sido utilizado amplamente no Brasil. Esse sistema tem por objetivo realizar o aquecimento da água através da luz solar, processo no qual não há conversão de energia. Já a energia fotovoltaica faz conversão da energia solar para energia elétrica, através de painéis que captam essa energia.

Após estudos sobre os métodos de captação de energia de forma sustentável, foi realizado um estudo de caso, o qual será feito a simulação de uma residência que utiliza esses dois métodos de energia sustentável.

Palavras chaves: energia elétrica, fontes renováveis de energia, energia fotovoltaica, aquecimento solar de água, casa sustentável.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variação do PIB atrelado ao consumo de energia -----	2
Figura 2 - Oferta Interna de Energia no Brasil - OIE - Fontes Renováveis-----	3
Figura 3 - Diferença entre radiação direta e difusa-----	4
Figura 4 - Estações do ano-----	8
Figura 5 - (A)Piranômetro e (B) Pireliômetro -----	9
Figura 6 - Radiação solar -----	10
Figura 7 - Irradiação média anual do Brasil-----	11
Figura 8 - Irradiação média anual da Europa -----	11
Figura 9 - Representação do painel fotovoltaico e seu circuito equivalente-----	12
Figura 10 - Rede cristalina do silício-----	13
Figura 11 - Lacuna deixa pela ligação do boro -----	13
Figura 12 - Dopagem com o fosforo -----	14
Figura 13 - Junção p-n Fonte: -----	15
Figura 14 - Célula Monocristalina-----	16
Figura 15 - Célula Policristalino -----	16
Figura 16 - Célula de Silício Amorfo -----	17
Figura 17 - Sistema fotovoltaico conectado à rede - on grid-----	18
Figura 18- Sistema fotovoltaico isolado - off grid -----	19
Figura 19 - Orientação dos Painéis para dois eixos 4-----	19
Figura 20 - Orientação dos Painéis para um eixo -----	20
Figura 21 - Determinar o ângulo de elevação e o ângulo de azimute do objeto -----	20
Figura 22 - Evolução do mercado de aquecedores solares no Brasil -----	22
Figura 23 - Instalação de aquecedores solares em casas populares-----	23
Figura 24 - Participação dos consumos dos eletrodomésticos em uma residência -----	24
Figura 25 - Formas de aquecimento da água nas residências -----	24
Figura 26 - Aquecedor Solar Residencial -----	25
Figura 27 - Reservatório Térmico - Boiler -----	26
Figura 28 - Coletores de calor solar -----	27
Figura 29 - Produção de Energia em diferentes Localidades -----	28
Figura 30 - Latitude de algumas cidades brasileiras e as Inclinações dos coletores-----	29

Figura 31 - Inclinação das placas para que se tenha um melhor aproveitamento do sol em todas as estações -----	29
Figura 32 - Lâmpada Incandescente-----	31
Figura 33 - Lâmpadas halógenas -----	32
Figura 34 - Lâmpadas de vapor de descarga -----	33
Figura 35 - Lâmpada de LED -----	33
Figura 36- Índice Solarimétrico das cidades próximas à Ouro Preto -----	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equipamentos eletrônicos da residência-----	30
Tabela 2-Comparação entre os tipos de lâmpadas -----	34
Tabela 3 - Conversão do tempo de vida útil das lâmpadas-----	34
Tabela 4 - Valor de troca das lâmpadas em três anos-----	35
Tabela 5 - Consumo mensal após a substituição por LED -----	35
Tabela 6 - Gastos de projeto para a instalação fotovoltaica-----	40
Tabela 7 - Custo x benefício do investimento -----	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	O valor da construção no Brasil	1
1.2	O consumo de energia elétrica no Brasil	1
1.3	Fontes alternativas de se obter energia elétrica	3
1.4	Energia Solar	3
1.5	Energia Solar Fotovoltaica	5
1.6	Energia Solar Térmica	5
1.7	Justificativas do Trabalho	5
1.8	Objetivos	6
1.9	Estrutura do Trabalho	6
2	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO	7
2.1	Efeito fotovoltaico	7
2.2	Recurso solar	7
2.2.1	Inclinação Solar	7
2.2.2	Instrumentos de Medição	8
2.3	Energia fotovoltaica no brasil	9
2.4	Células fotovoltaicas	12
2.4.1	Tipos de células	15
2.5	Projeto de instalação de um sistema fotovoltaico	17
2.5.1	Sistema Conectado à Rede – On Grid	18
2.5.2	Sistema Fotovoltaico Isolado –Off Grid	18
2.6	Orientações do painel	19
2.7	Sombreamento	20
3	ENERGIA SOLAR TÉRMICA	22
3.1	Situação atual do Brasil	22
3.2	Consumo de energia elétrica para chuveiros	23
3.3	Projeto de sistema de aquecimento solar	25
3.4	Reservatório térmico – boiler	25
3.5	Coletores de calor solar	26
4	ESTUDO DE CASO	30
4.1	Alternativas para a economia de energia	31

4.1.1	Lâmpadas incandescentes-----	31
4.1.2	Halógena -----	32
4.1.3	Lâmpadas de vapor ou de descarga-----	32
4.1.4	Lâmpadas de led-----	33
4.1.5	Comparação entre os tipos de lâmpadas -----	34
4.2	Aquecimento solar de água para chuveiro-----	36
4.2.1	Cálculo do investimento -----	37
4.3	Instalação de placas fotovoltaicas -----	38
4.3.1	Índice Solarimétrico -----	38
5	CONCLUSÕES -----	42
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	44

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo fazer a apresentação do trabalho, analisando a atual situação do Brasil com relação a construção e ao consumo energético, além de apresentar a distribuição do documento a seguir.

1.1 O valor da construção no Brasil

Atualmente, o número de moradias vem aumentando em decorrência do crescimento populacional. No entanto, o Brasil não consegue suprir esta demanda. Segundo dados emitidos pelo Plano Nacional de Habitação (PlanHab), em 2009 havia 5,7 milhões de habitantes sem moradia, reduzindo para 5,2 milhões em 2014. Este decréscimo da população sem habitação, deve-se aos programas do atual governo brasileiro, por exemplo, Minha Casa Minha Vida, que reduziu 8% do déficit habitacional, no entanto, ainda não atendeu à expectativa. Além do Programa citado, existem outros métodos de financiamento que facilitam a obtenção da casa própria. De acordo com o Sistema Financeiro da Habitação (SFH), entre 2004 e 2009 o volume de financiamento mais que triplicou, passando de R\$30 bilhões para R\$ 100 bilhões.

Mesmo com estes auxílios, o custo da construção civil não é baixo. De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), o gasto nacional para a construção civil por metro quadrado (m²) em fevereiro de 2015 era de R\$916,85 e, em março, este valor aumentou para R\$ 918,95. Além disso, foi indicado que, desse valor, R\$ 500,16 são relativos aos materiais e os R\$418,79 restantes relativos à mão de obra. Estes valores ainda estão sujeitos a variação de acordo com a região.

1.2 O consumo de energia elétrica no Brasil

Com o aumento de novas fontes consumidoras de energia elétrica, como a construção ou expansão de novas casas e empresas, faz com que se tenha um crescimento na demanda energética.

Segundo dados da Agência Nacional de energia elétrica (ANEEL), as cidades brasileiras em 2013 poderiam ficar sem energia elétrica, no máximo, nove horas e sete minutos por residência/ano, o que não aconteceu em algumas cidades, por exemplo nas comunidades do Rio de Janeiro, que ficaram 15 horas no ano.

A expansão do consumo de energia, embora seja consequência aumento do poder aquisitivo da população e da melhora da qualidade de vida, reflete no ritmo das atividades industriais, comerciais e na capacidade da população em adquirir bens de serviços tecnologicamente avançados, como automóveis e eletrônicos (ANEEL, 2009). Seu consumo é considerado como indicador do desenvolvimento de uma população (TEXEIRA,2002). Entre 2003 a 2007 a economia mundial passou por um ciclo de expansão do mercado, refletindo assim, no crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) - Figura 1.

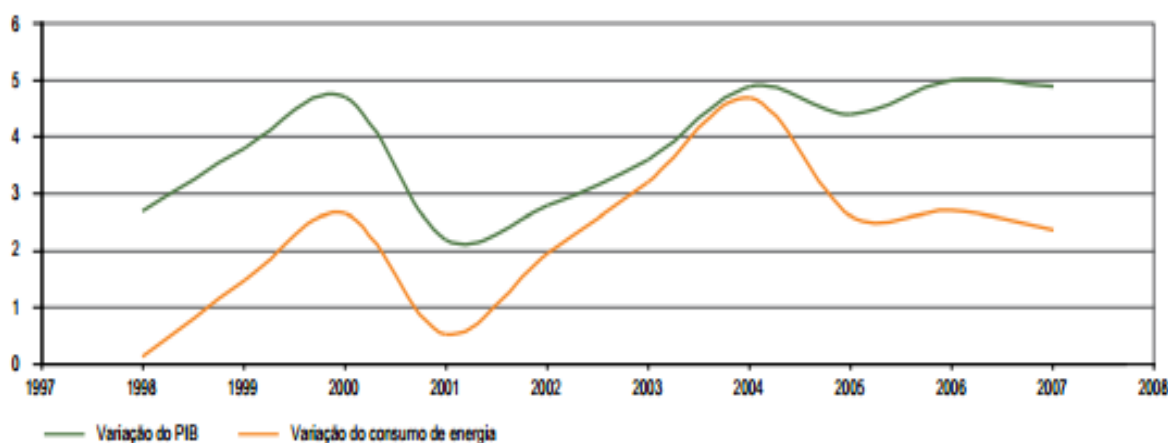


Figura 1 - Variação do PIB atrelado ao consumo de energia

Fonte: ANEEL,2009

No Ministério de Minas e Energia (MME) divulgado em 2015, relativo ao ano base de 2014, apresentou aumento na demanda de energia de 3,1% em relação a 2013 e superou o PIB brasileiro, que se elevou somente 0,1% neste mesmo ano. Segundo o documento, este expressivo aumento deve-se à expansão das perdas térmicas (forte complementação ao baixo desempenho de geração hidráulica) e ao aumento no consumo de veículos leves e no consumo residencial e comercial.

1.3 Fontes alternativas de se obter energia elétrica

A partir desta problemática, surgem os estudos de fontes de energia renováveis, que é uma forma de geração de energia limpa capaz de suprir as necessidades de uma residência ou uma empresa. Dentre tantas alternativas para se obter eletricidade, utilizaremos as que captam a energia solar. Esse método consegue suprir a energia elétrica de um local sem emitir gases de efeito estufa ou ácidos, pois nesse processo não é necessário alterar nenhum curso d'água ou realizar desmatamentos. (ALVES, 2008).

Quando comparado a participação de fontes renováveis no Brasil com a do resto do mundo, a diferença é significativa: 39,4% do Brasil; 9,8%, da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OCDE), da qual fazem parte os países considerados desenvolvidos, e 13,8% da média mundial, Figura 2.

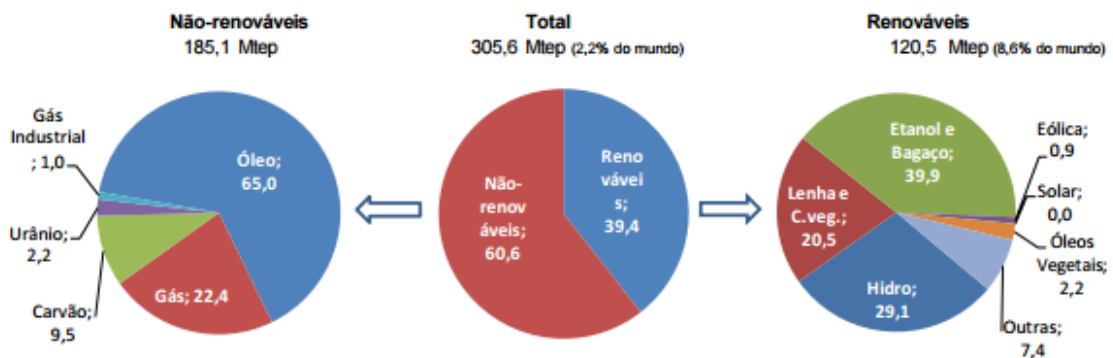


Figura 2 - Oferta Interna de Energia no Brasil - OIE - Fontes Renováveis
Fonte: Resenha Energética Brasileira, 2014

O Brasil em 2014 conseguiu emitir menos CO₂ que os demais países. De acordo com os dados divulgados pelo Greenpeace em 2007, somente com fontes alternativas de se obter energia elétrica, será possível reduzir em 20% do consumo de energia elétrica no Brasil, além de conseguir diminuir as emissões de CO₂ em 10%, levando à diminuição do efeito estufa.

1.4 Energia Solar

As energias hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos são consideradas formas indiretas de energia. O sol fornece energia em forma de radiação que pode ser utilizada como fonte alternativa de energia, seja para o aquecimento de água ou para gerar energia elétrica, como o sistema fotovoltaico. (ANEEL, 2009). Essa energia pode ser

dividida em direta e difusa. A primeira é o tipo de radiação que não sofre nenhum desvio pela atmosfera e a difusa é aquela que alcança a superfície terrestre por todas as direções, Figura 3.

De acordo com a Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB) 2000), a radiação solar depende de dois fatores: o climático e o atmosférico. Os raios solares são absorvidos pela atmosfera, mas somente parte deles atinge a superfície terrestre devido às perdas por reflexão. No entanto, mesmo essas perdas, estima-se que a energia solar incidente na terra seja maior que o consumo de energia mundial em 10 mil vezes.

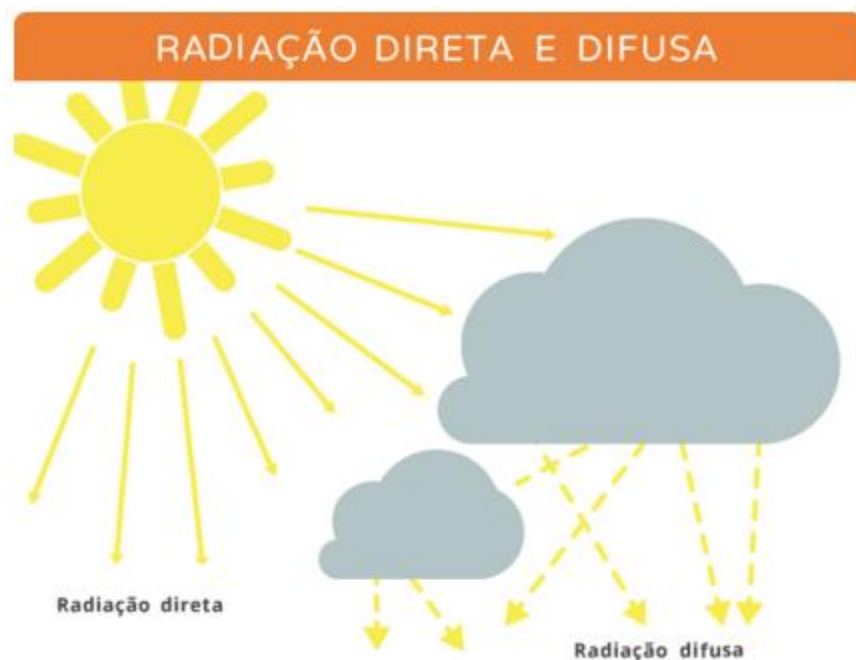


Figura 3 - Diferença entre radiação direta e difusa¹

Segundo o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaico emitido pelo (CRESESB), a fonte de energia solar é inesgotável e hoje é uma das alternativas energéticas mais eficientes para suprir a demanda necessária para o ser humano. A conversão de energia solar, através de células fotovoltaicas é uma maneira instantânea de se obter energia elétrica. As células se utilizam da radiação do sol, fonte natural e renovável, transformando-a em energia elétrica (TESSARO, 2006).

¹ - Disponível em: <www.energiaheliotermica.gov.br/pt-br/energia-heliotermica/o-sol-fonte-de-energia> Acesso em 20 jan.2016

1.5 Energia Solar Fotovoltaica

A utilização de fontes renováveis de energia, como a solar, pode suprir a alta demanda, instalando em casa imóvel um sistema de geração fotovoltaica. (ZILLES, 2012)

O sistema fotovoltaico é um conjunto formado por painéis fotovoltaicos que podem ser conectados à uma bateria ou à rede elétrica. A bateria tem a função de armazenar a energia que será convertida pelos painéis. Para não ocorrer o retorno de energia para esses painéis é utilizado um diodo. Utiliza-se um sistema de análise para regular a carga que é armazenada nas baterias, garantindo assim, mais durabilidade ao sistema. Para alimentar os equipamentos que trabalham em corrente alternada é necessário o uso de inversores.

1.6 Energia Solar Térmica

Além da geração de energia pelos painéis fotovoltaicos, é possível implementar o sistema de aquecimento de água através de coletores solares com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica. No horário de pico, entre 18h e 21h, na curva de demanda elétrica do setor residencial elétrico brasileiro, estima-se que somente o chuveiro elétrico represente 43% do consumo mencionado. (ANEEL, 2010). Além disso, o chuveiro elétrico representa grande parte do consumo total de eletricidade em uma residência, correspondendo a aproximadamente 26% do total utilizado, segundo dados do Programa Nacional de Energia Elétrica (PROCEL, 2008).

1.7 Justificativas do Trabalho

Considerando os conceitos citados, este trabalho busca planejar a construção da rede elétrica de uma residência com o objetivo de torná-la autossustentável com o decorrer dos anos no quesito obtenção de energia.

A proposta deste estudo, é fazer com que estas casas aproveitem os recursos naturais existentes, para que se tenha uma economia a longo prazo, sem causar grandes, impactos ao meio ambiente.

1.8 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo realizar um estudo sobre algumas fontes renováveis de energia, mais especificamente sobre o aquecimento solar de água e a energia solar fotovoltaica.

Após a confecção deste material, será proposto um estudo de caso, o qual visa a simulação de uma residência, para que seja feito o comparativo dos gastos com e sem as alternativas de geração de energia e em quanto consegue-se a pagar este investimento com os descontos na fatura de energia.

1.9 Estrutura do Trabalho

Este trabalho esta composto da seguinte maneira:

O Capítulo 1 possui uma breve abordagem sobre energia elétrica, energia solar, sua justificativa, os objetivos do mesmo e a estrutura da qual se compõe o trabalho.

O Capítulo 2 apresenta os conceitos sobre a energia solar fotovoltaica, apresentando seus conceitos e as necessidades para a instalação e o seu uso.

O Capítulo 3 apresenta conceitos sobre o aquecimento de água através da luz do sol. Neste capítulo, é mostrado como é feita a instalação e os materiais necessários à implementação desse sistema.

O Capítulo 4 apresenta o estudo de caso, em que é feita a simulação de uma residência, calculando seus gastos médios e analisando o quanto será economizado a partir do momento em que se aplica as fontes renováveis de energia.

Para finalizar este trabalho, tem-se o Capítulo 5, o qual visa relatar as conclusões obtidas com o mesmo.

2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO

Este capítulo apresenta os conceitos de efeito fotovoltaico, as propriedades dos recursos solares, os instrumentos de medidas para a irradiação solar, a situação da energia fotovoltaica no Brasil e os tipos de células fotovoltaicas.

2.1 Efeito fotovoltaico

Em 1839, Alexandre - Edmond Becquerel após realizar vários estudos, observou que as placas metálicas de prata ou platina quando eram mergulhadas em um líquido condutor e, posteriormente, expostas à luz, produziam uma diferença de potencial. Este fenômeno ficou conhecido como efeito fotovoltaico. Após isso, em 1883 foi produzida a primeira célula fotovoltaica por Charles Fritts, composta de selênio, material semiconductor, com uma camada fina de ouro (ABINEE, 2012). A partir de 1950, após vários estudos realizados nos Estados Unidos, foi construído o primeiro módulo fotovoltaico de silício (BRAGA,2008).

2.2 Recurso solar

2.2.1 Inclinação Solar

A Terra realiza dois movimentos, rotação e translação. A rotação é o movimento que a Terra realiza sobre si, responsável pela alternância entre o período de tempo com ou sem incidência solar, resultando no dia e noite. A translação é o movimento elíptico que a Terra faz em torno do Sol. O eixo com relação ao plano normal à elipse apresenta uma inclinação de aproximadamente 23, 27°. Esta inclinação, apresentada na Figura 4, que será responsável pelas estações do ano (CEPEL, CRESESB, 2014).

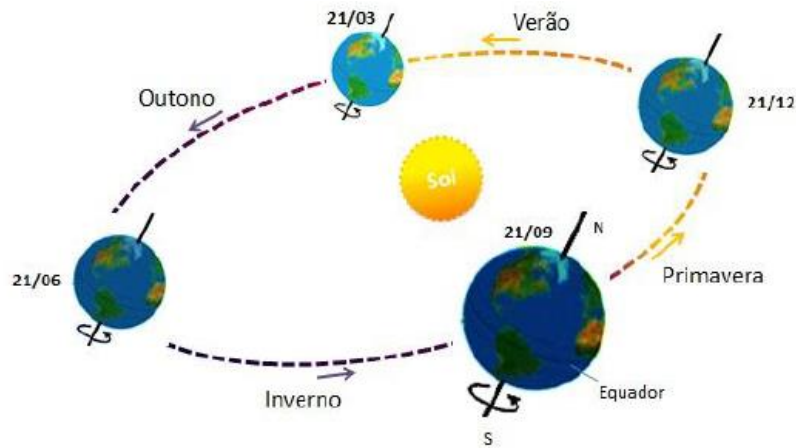


Figura 4 - Estações do ano

Fonte: CEPEL, CRESESB, 2014

2.2.2 Instrumentos de Medição

Para que a instalação de um sistema de captação e conversão de energia solar seja bem-sucedida, deve-se realizar estudos da região na qual deseja implantar esse tipo de sistema. É importante para o estudo das influências das condições do clima e da atmosfera realizar as medições da radiação solar, global, direta e difusa na superfície terrestre. Com os dados gerados por estas medições, a instalação do sistema fotovoltaico será viabilizada, garantindo um melhor aproveitamento (CEPEL, CRESESB, 2014).

Segundo o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaico (2014), o objetivo da medição dos dados solares é obter os valores instantâneos da irradiância ou irradiação global e de suas componentes difusa e direta na superfície terrestre.

Para a realização das medições da irradiação solar, pode ser utilizado dois instrumentos: o piranômetro, Figura 6A, que mede a irradiação global e o pireliômetro, Figura 6 B, que mensura a irradiação direta.



*Figura 5 - (A)Piranômetro e (B) Pireliômetro
Fonte: CEPEL, CRESESB,2014*

2.3 Energia fotovoltaica no brasil

Segundo o Plano Nacional de Energia 2030 (2007), em que foram reproduzidos os dados do Atlas Solarimetrico do Brasil, foi registrado que a radiação incidente sobre a área do país varia de 8 a 22 MegaJoule (MJ) por metro quadrado (m^2) durante o dia, Figura 6. Nos meses de maio a julho, em que há redução de temperatura, a radiação varia de 8 a 18 MJ/ m^2 . Quando analisado por regiões, verifica-se que o Nordeste possui uma radiação que se equivale às melhores do mundo como o deserto do Sudão (África), deserto de Mojave na Califórnia.

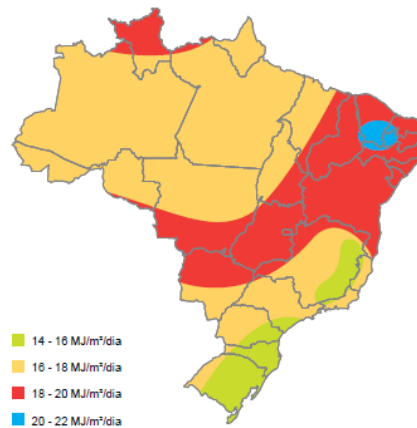


Figura 6 - Radiação solar

Fonte: Atlas Solarimétrico, 2000

Para que este potencial natural do Brasil fosse melhor aproveitado, foi criada uma resolução de número 482 aprovada pela ANEEL em dezembro de 2012, como incentivo para o consumidor produzir energia elétrica através de fontes renováveis, ou seja, o cliente pode conectar à rede o seu sistema de energia solar ou eólica.

Com isso, o que não for consumido será devolvido para a concessionária responsável pelo fornecimento, fazendo com se tenha uma diminuição no valor final da conta:

Art. 6º §1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora, será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 36 (trinta e seis) meses.

Art. 7º No faturamento de unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia elétrica deverão ser observados os seguintes procedimentos:

I -deverá ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B, [...].

II - o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado é a diferença entre a energia consumida e a injetada, [...], devendo a distribuidora utilizar o excedente que não tenha sido compensado no ciclo de faturamento corrente para abater o consumo medido em meses subsequentes. (ANEEL, 2012)

Mesmo com os incentivos para que seja utilizada a energia solar, ainda é de custo elevado a sua instalação e seu retorno é em longo prazo. A Figura 7, mostra a irradiação média anual do

Brasil e dos países da Europa. Nota-se que no Brasil a potência é maior que a na Europa, Figura 8, onde a conversão é largamente utilizada. Além disso, observa-se que há disponibilidade de irradiação solar em todo o território brasileiro, superando a Alemanha, país que possui um número elevado de instalações de sistema fotovoltaico.

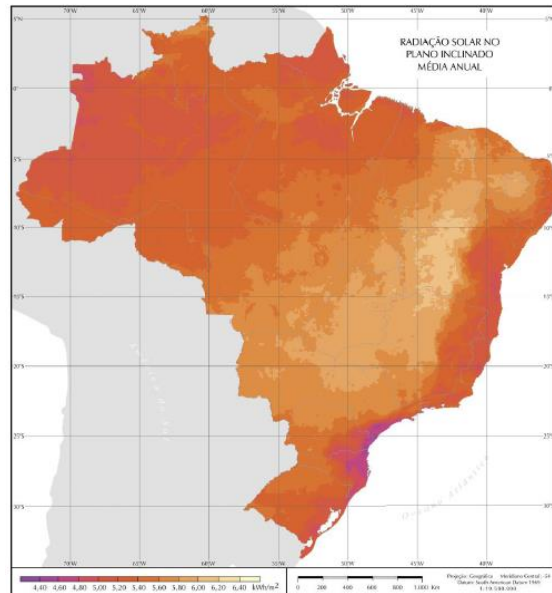


Figura 7 - Irradiação média anual do Brasil

Fonte: PEREIRA,2006

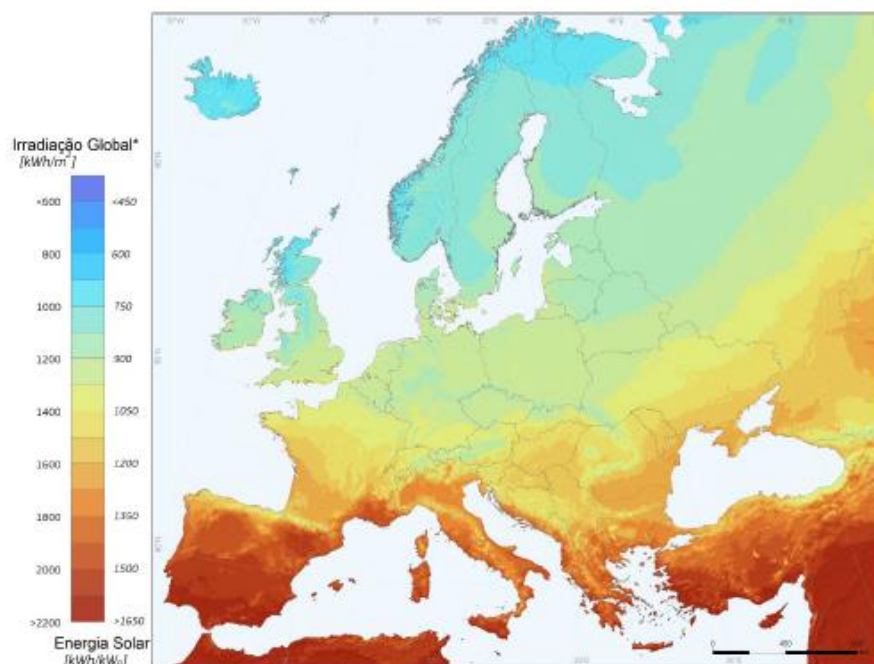


Figura 8 - Irradiação média anual da Europa

Fonte: PVGIS,2013

2.4 Células fotovoltaicas

As células fotovoltaicas são materiais responsáveis por fazer a conversão da forma direta de energia solar em elétrica, ocorrendo assim, o efeito fotoelétrico (CEEETA,2001). Os materiais utilizados para a produção destas células interferem diretamente em seu rendimento, ou seja, a quantidade de energia do sol que será incidida sobre o painel e transformada em energia elétrica.

Estas células são compostas de camadas finas de silício cristalino. Podem ser placas de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo (Chivelet e Solia, 2010). Segundo Januzzi, Varella e Gomes (2009), além das placas citadas, há placas fabricadas com outros materiais, como disseleneto de cobre- indico (CIS) e o telureto de cádmio (CdTe).

As células solares produzem apenas 0,4 Volts em seu ponto de máxima potência. Com isso, é necessário que seja conectado em série para que se obtenha maiores tensões. Atualmente, as instalações fotovoltaicas são compostas de 36 a 72 células, produzindo uma tensão de saída em corrente contínua de 14 a 30 Volts. Na Figura 9, é mostrado a representação do painel fotovoltaico e o circuito equivalente para as células solares.

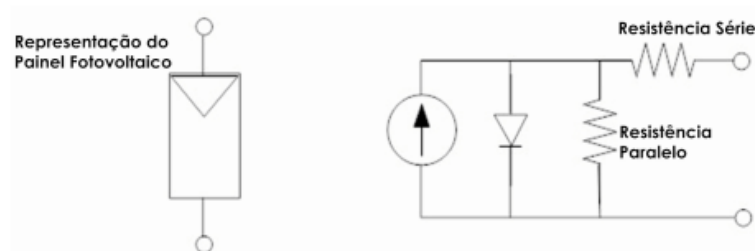


Figura 9 - Representação do painel fotovoltaico e seu circuito equivalente²

As células mais comercializadas são a que utilizam em sua fabricação o silício, devido à sua abundância na natureza, eficiência adquirida na indústria de microeletrônica, alta durabilidade e por ter um baixo índice de contaminação (CECCHINI, 2003).

Os materiais semicondutores são materiais que possuem uma resistência intermediária entre um material condutor e isolante. No caso do silício, em temperaturas baixas, menores que -

² Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000620.pdf>> Acesso em 24 nov. 2015

100 °C, é isolante e em temperatura ambiente é um condutor pobre. (FELTRE,2004). Além disso, este material possui quatro elétrons em sua camada de valência. No entanto, ele tende a ter oito elétrons em sua última camada. Para que consiga esta condição, os átomos formam uma rede cristalina através de ligações covalentes, Figura 10.

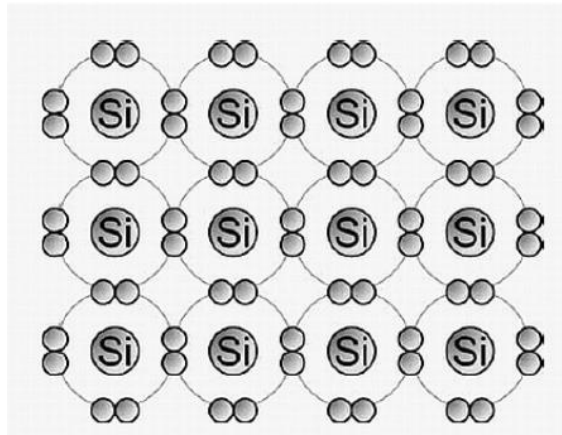


Figura 10 - Rede cristalina do silício³

Para aumentar a condutividade elétrica do semiconductor, adiciona-se uma quantidade pequena de impurezas apropriadas, como fósforo (P), arsênio (As), antimônio (Sb), boro (B), dentre outros. Este processo chama-se dopagem (FELTRE, 2014). A dopagem do silício utilizando o boro fará com que se gere lacunas na rede cristalina do silício, pelo fato desta impureza ser trivalente, ou seja, conter três elétrons em sua última camada, fazendo com que o silício fique com sete elétrons em sua camada de valência, Figura 11 (MACHADO,2015).

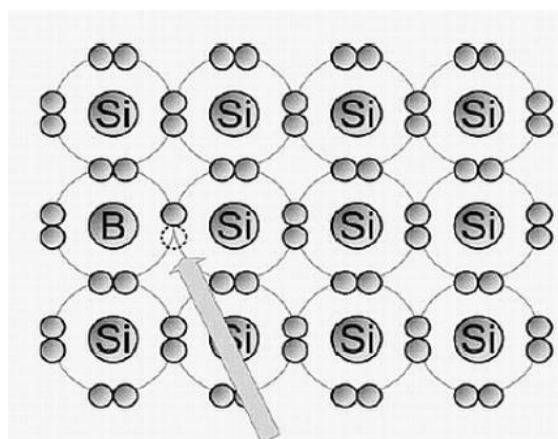


Figura 11 - Lacuna deixa pela ligação do boro⁴

³ - Disponível em: <<http://www.profelectro.info/celula-solar-fotovoltaica/>> Acesso em 24 nov. 2015

⁴ - Disponível em: <<http://www.profelectro.info/celula-solar-fotovoltaica/>> Acesso em 24 nov. 2015

Com isso, após a ligação com um elemento trivalente, a rede cristalina ficará com falta de carga negativa, ou seja, esta rede estará carregada positivamente, sendo denominada cristal do tipo p (MACHADO,2015).

Quando se faz uma dopagem com um elemento pentavalente, cinco elétrons em sua camada de valência, como o fósforo, a rede cristalina ficará com excesso de elétrons, estando carregada negativamente, denominando um cristal do tipo n, Figura 12.

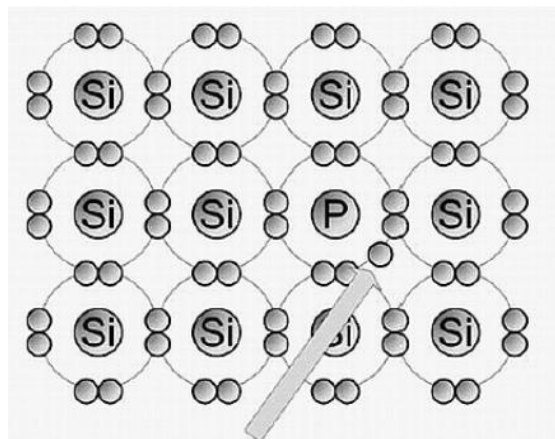


Figura 12 - Dopagem com o fósforo⁵

Ao se formar a junção p-n, ou seja, juntar o material tipo p com um material tipo n, surgirá um campo elétrico permanente na região da junção, Figura 13. Este campo se forma por existir uma quantidade de elétrons livres do lado n (carregado negativamente) e falta de elétrons do lado p (carregado positivamente). Com a exposição à luz, alguns elétrons ficarão mais energéticos devido à absorção dos fótons.

Com isso, haverá a aceleração dos elétrons, gerando uma corrente através da junção. Isso ocorre devido à diferença de potencial entre as faces da junção p-n. Esse fenômeno é denominado efeito fotovoltaico (MACHADO,2015).

⁵ - Disponível em: <<http://www.profelectro.info/celula-solar-fotovoltaica>> Acesso em 24 nov.2015

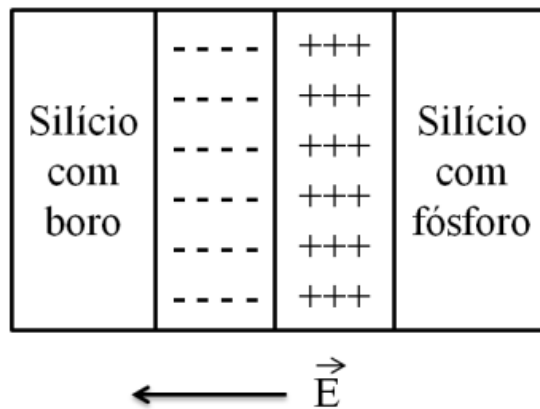


Figura 13 - Junção p-n

Fonte: MACHADO,2015

2.4.1 Tipos de células

As células fotovoltaicas utilizam-se, na sua grande maioria, o silício (Si) e podendo ser constituída de **crstais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo.**

As placas solares, são dispositivos que converterem a energia solar energia elétrica. Atualmente a eficiência das células fotovoltaicas é muito reduzida, e as com eficiência maior apresentam um custo elevado.

2.4.1.1 Monocristalinas

A tecnologia monocristalina (mono - Si), Figura 14, é a mais antiga e com maior custo, mas, em compensação, resulta em um produto com maior eficiência. Quando se fala em eficiência dos painéis fotovoltaicos de monocristalino, trabalha-se com 16% de aproveitamento, podendo chegar a 23 % em laboratórios (CEEETA,2001).

Os painéis solares de silício monocristalino são feitos a partir de lingotes de silício de forma cilíndrica, ou seja, silício puro. Para que funcione como célula fotovoltaica, este silício necessita de outros dispositivos semicondutores para que tenha um grau de pureza maior, chegando próximo a 99% (Oliveira e Pereira,2010).



Figura 14 - Célula Monocristalina⁶

2.4.1.2 Silício Policristalino

O que difere o policristalino do monocristalino é o método utilizado para a construção deles. O policristalino necessita de uma preparação menos rigorosa que o mono. Com isso, os gastos tornam – se menores, mas, em contrapartida, o rendimento diminui para aproximadamente 13%, podendo chegar a 16.5% em testes de laboratórios (CEEETA, 2001).

O fato de as placas solares de silício policristalino (mc-Si), Figura 15, terem um rendimento menor, faz com que seja necessário uma área maior de painéis para que se tenha o mesmo rendimento Watts/m² que a monocristalina.



Figura 15 - Célula Policristalino⁷

⁶ - Disponível em:< <http://www.engquimicasantosp.com.br/2012/12/celulas-fotovoltaicas.html> > Acesso em 19 nov. 2015

⁷ - Disponível em:< <http://www.engquimicasantosp.com.br/2012/12/celulas-fotovoltaicas.html> >Acesso em 19 nov.2011

2.4.1.3 Painéis de silício amorfo

As células fotovoltaicas de silício amorfo (a-Si), Figura 16, trabalham com a tecnologia chamada de “empilhamento”, em que várias camadas de células solares de silício amorfo são empilhadas, combinando entre si. Com isso, obtém-se uma eficiência de 6% a 9%.

As vantagens deste material em relação aos outros é que o processo de fabricação tem um custo reduzido, pode-se fabricar células com áreas maiores e, além disso, tem-se um baixo consumo de energia na sua produção. (CEPEL, CRESESB, 2014)



Figura 16 - Célula de Silício Amorfo⁸

2.5 Projeto de instalação de um sistema fotovoltaico

Para realizar a instalação de um sistema fotovoltaico, deve-se analisar as orientações dos módulos, a disponibilidade da área e a disponibilidade do recurso solar na área a ser instalada, dentre outros (CRESESB/CEPEL, 2014).

O sistema fotovoltaico é dividido em três partes: bloco gerador, bloco de condicionamento de potência e, opcionalmente, o bloco de armazenamento. A partir desta divisão, tem-se os equipamentos necessários. No bloco gerador serão os painéis solares, cabeamento elétrico e a estrutura de suporte. Já no bloco de condicionamento de potência, serão os inversores e os

⁸ - Disponível em: <<http://www.engquimicasantosp.com.br/2012/12/celulas-fotovoltaicas.html>> Acesso em 19 nov.2015

controladores de cargas, caso haja armazenamento, nesse bloco, utiliza-se acumuladores elétricos (CEPEL – CRESESB, 2014). Além disso, o sistema fotovoltaico pode ser conectado à rede ou pode ser um sistema isolado, em que a energia obtida é armazenada.

2.5.1 Sistema Conectado à Rede – On Grid

O sol, ao incidir no painel fotovoltaico, gera energia elétrica em corrente contínua (CC). Então, torna-se necessário repassá-la a um inversor para que seja transformada em corrente alternada (CA). É preciso um medidor de energia bilateral para que seja feita a contabilização da energia recebida pela rede elétrica e a que foi gerada pelo painel fotovoltaico. Com isso, a energia elétrica produzida e não utilizada será devolvida para a concessionária, Figura 17.

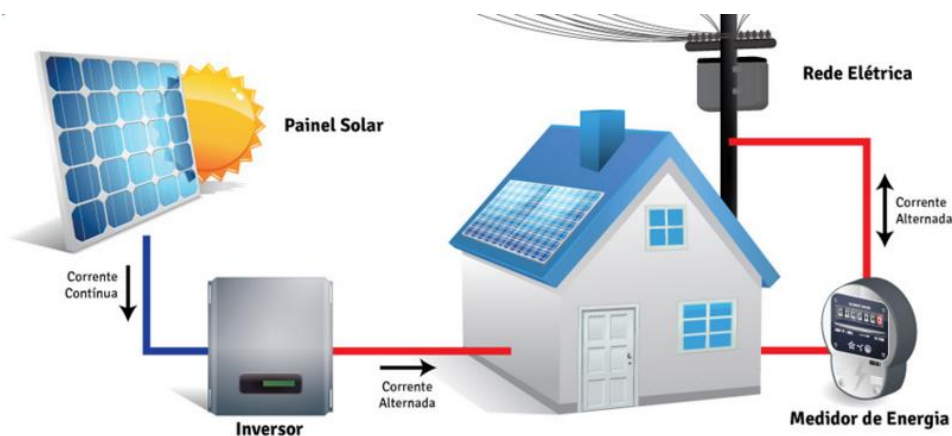


Figura 17 - Sistema fotovoltaico conectado à rede - on grid⁹

2.5.2 Sistema Fotovoltaico Isolado –Off Grid

A geração de energia elétrica será obtida através da incidência da luz solar nas placas fotovoltaicas. Posteriormente, esta carga será repassada ao controlador de carga que fará a gestão da carga, impedindo que as baterias sejam carregadas e descarregadas em excesso, fazendo com que se tenha uma maior vida útil do equipamento (PEREIRA, GONÇALVES, 2008).

Nesse sistema haverá um conversor de CC para CA. Pode-se utilizar diretamente a CC para lâmpadas, por exemplo, ou a energia que passa pelo inversor para que se utilize equipamentos

⁹ - Disponível em: < <http://www.real-watt.com.br/como-funciona.php> > Acesso em 21 nov. 2015

de corrente alternada, Figura 18. Esse tipo de sistema é comumente utilizado em áreas de difícil acesso à rede elétrica.

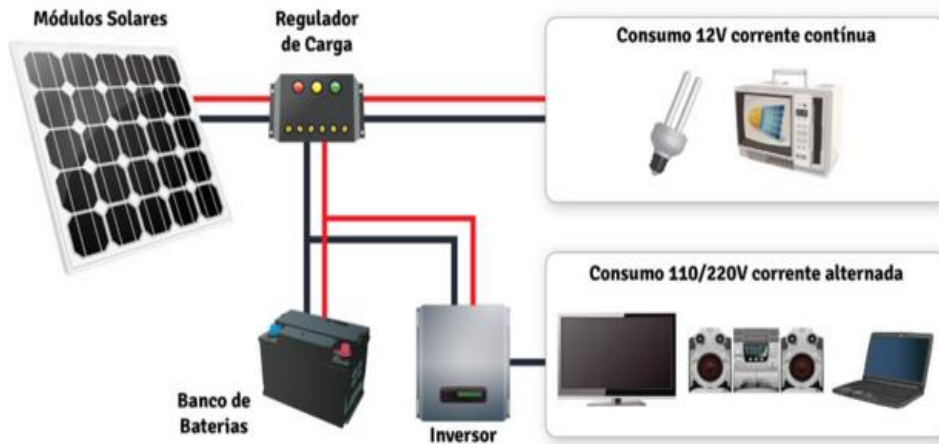


Figura 18- Sistema fotovoltaico isolado - off grid¹⁰

2.6 Orientações do painel

Os painéis, quando fixos, devem ser instalados de maneira em que se aproveite melhor a radiação solar. Com isso, os painéis podem ser colocados para que recebam os raios solares em incidência perpendicular. A orientação dos painéis, Figura 19, poderá ser feita segundo dois eixos ou apenas um. Quando forem de dois eixos, tem-se um melhor aproveitamento da radiação e, conseqüentemente uma maior produção de energia elétrica (GREENPRO,2004)



Figura 19 - Orientação dos Painéis para dois eixos

Fonte: GREENPRO,2004

Já a orientação segundo um eixo, será feita no sentido leste / oeste, Figura 20.

¹⁰ - Disponível em: <<http://www.real-watt.com.br/como-funciona.php>> Acesso em 24 nov.2015



Figura 20 - Orientação dos Painéis para um eixo

Fonte: GREENPRO,2004

2.7 Sombreamento

A formação de sombras sobre o sistema fotovoltaico afeta sua produção de energia. Existe o sombreamento temporário ocasionado por folhas, detritos de pássaros e outros objetos que venha a cair e ficar retidos nas placas. O sombreamento causado por esses fatores tem um impacto muito forte sobre a conversão de energia solar em elétrica pelas placas fotovoltaicas. Considerando a instalação fotovoltaica em uma localização adequada e com o painel em declive correto, devido estas sujeiras, pode-se reduzir a eficiência de 2% a 5% (CEPEL, CRESESB,2015)

Existe outro tipo de sombreamento, causado pela localização, que compreende edifícios vizinhos e árvores. Para contornar esta situação de sombreamento, é necessário fazer o cálculo do contorno da sombra para o meio circundante. Para isso, é calculada a distância e as dimensões da projeção da sombra ocorridas pelo objeto. Após este cálculo, será encontrado o ângulo azimute e o ângulo de elevação (gama) como mostra a Figura 21:

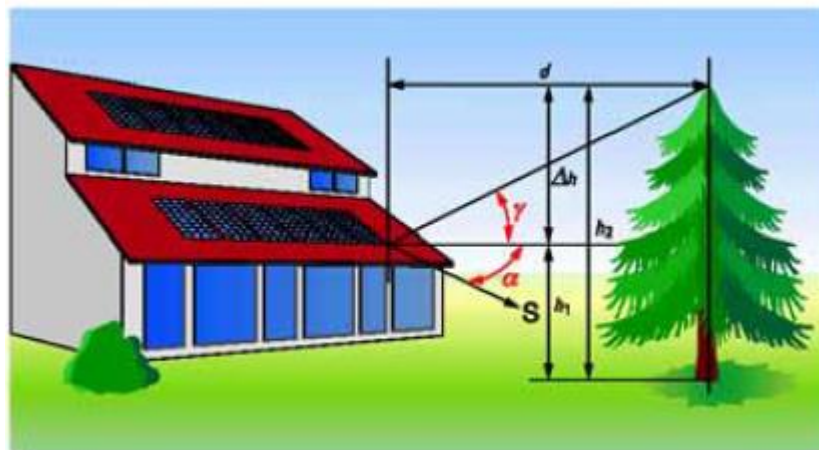


Figura 21 - Determinar o ângulo de elevação e o ângulo de azimute do objeto

Fonte: GREENPRO,2004

$$\tan \gamma = \frac{h_2 - h_1}{d} = \gamma = \arctan \left(\frac{h_2 - h_1}{d} \right);$$

em que h_2 é a altura do objeto que projeta a sombra e h_1 é a altura do sistema fotovoltaico.

3 ENERGIA SOLAR TÉRMICA

Sistema Solar térmico é um tipo de instalação que permite utilizar a energia natural que é o sol, para aquecimento de água. Este sistema fornece água quente para qualquer necessidade: água quente sanitária, apoio ao aquecimento central, aquecimento de piscinas e aplicações industriais.

3.1 Situação atual do Brasil

A atuação do Brasil no mercado de aquecimento solar teve início nos anos de 1970 impulsionada pela crise do petróleo. No entanto, somente na década de 90 a utilização deste processo expandiu significativamente, Figura 22. Atualmente, segundo o relatório divulgado pela Agência Internacional de Energia -IEA- (2015), o Brasil ocupa a 5ª posição mundial no uso de coletores solares para aquecimento de água. Este estudo avalia a capacidade total de instalação em operação no mundo.

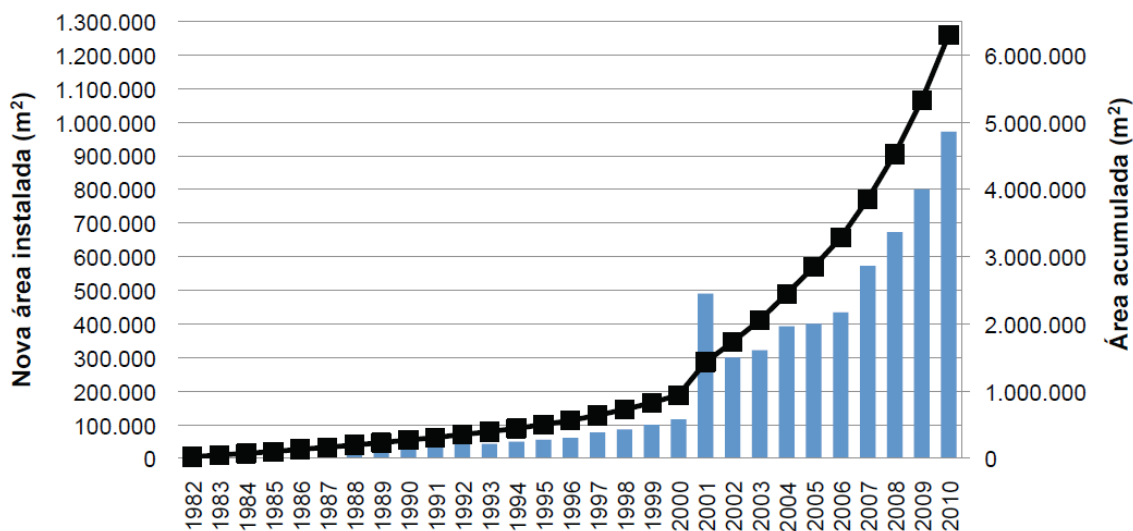


Figura 22 - Evolução do mercado de aquecedores solares no Brasil

Fonte: ABRVA,2011

O Brasil está entre os países com maior crescimento em 2013, com 965MWth, sendo menor apenas que China e Turquia. Segundos dados gerados pela IEA (2015), esta ampliação na geração de aquecimento solar supera a potência de uma turbina de Itaipu. Diante destes dados positivos, a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e

Aquecimento (ABRAVA) no início de 2014, lançou o programa “Um Solar em Cada Casa”, com o objetivo de conscientizar as comunidades acerca das vantagens econômicas, ambientais e sociais ao se utilizar a energia solar térmica.

O uso de energia solar térmica para o aquecimento de água, vem sendo utilizado em diversos setores: hospitais, hotéis, vestiários, edifícios, entre outros. Além desses setores, atualmente essa tecnologia já atende cerca de 9% dos moradores do programa social Minha Casa, Minha Vida, Figura23.



Figura 23 - Instalação de aquecedores solares em casas populares

Fonte: DASOL,2014

Segundo a ABRAVA, a energia solar térmica é uma das formas mais econômicas para a produção de energia no Brasil. Considerando como um investimento para uma casa de classe média, um coletor de 2m² e um reservatório de 200 litros com a instalação custa cerca de R\$2000,00. Para a família, este valor será compensado mensalmente com a economia de energia, conseguindo reverter o valor investido em aproximadamente dois anos.

3.2 Consumo de energia elétrica para chuveiros

Segundo a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso -PPH- (2005), o chuveiro elétrico participa em, aproximadamente, 24% do consumo total de energia elétrica na classe residencial. Além disso, considerando uma residência de classe média com 4 moradores, o chuveiro corresponde à 45% do consumo de energia elétrica, Figura 24.

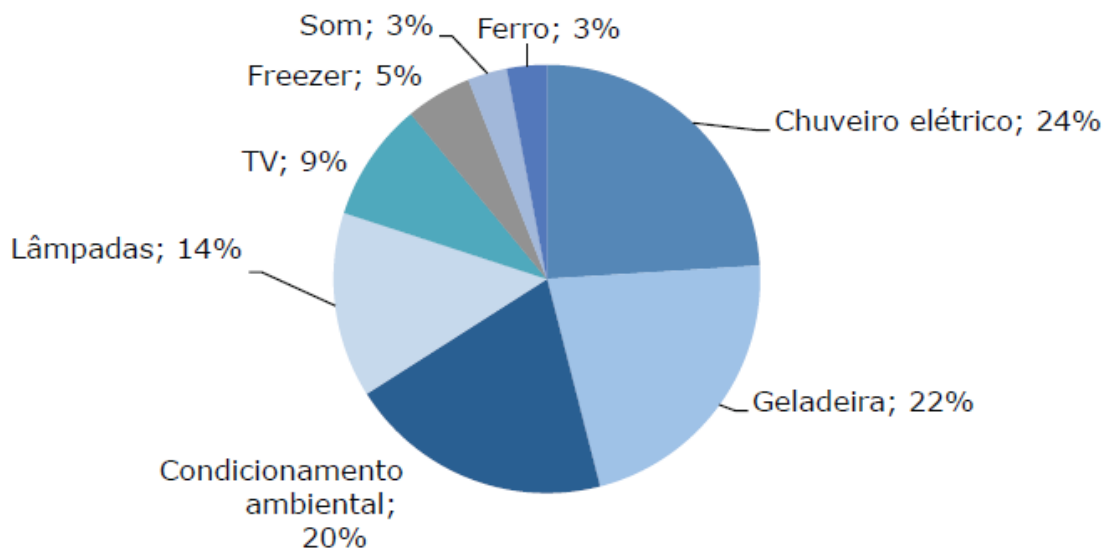


Figura 24 - Participação dos consumos dos eletrodomésticos em uma residência

Fonte: SOUZA,2007

Na Figura 25, pode-se observar o gráfico gerado pela pesquisa realizada pela PPH, na qual foi questionado aos entrevistados a maneira que eram obtidas água aquecida em suas residências.

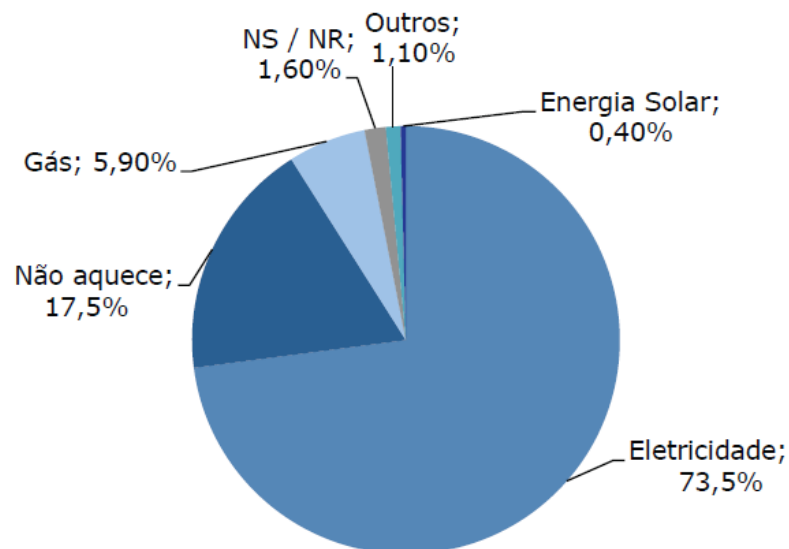


Figura 25 - Formas de aquecimento da água nas residências

Fonte: ELETROBRAS – PROCEL 2007

Com isso, pode-se observar que aproximadamente 73,5% dos entrevistados utilizam energia elétrica como fonte para aquecimento de água em suas residências.

3.3 Projeto de sistema de aquecimento solar

O sistema de aquecimento de água através da energia solar consiste, basicamente, em absorver a radiação solar e transferi-la, na forma de calor, para um reservatório térmico.

O processo de aquecimento de água se inicia através de um reservatório que transfere água fria para o coletor solar. Após receber água, o coletor faz o aquecimento da mesma através da radiação solar que incide nele. A captação da radiação solar é feita por placas solares que, geralmente, recebe uma pintura preta para que possa aumentar sua capacidade de absorver a luz solar. Com a água já aquecida, ela é transferida para outro reservatório responsável por manter sua temperatura, Figura 26.

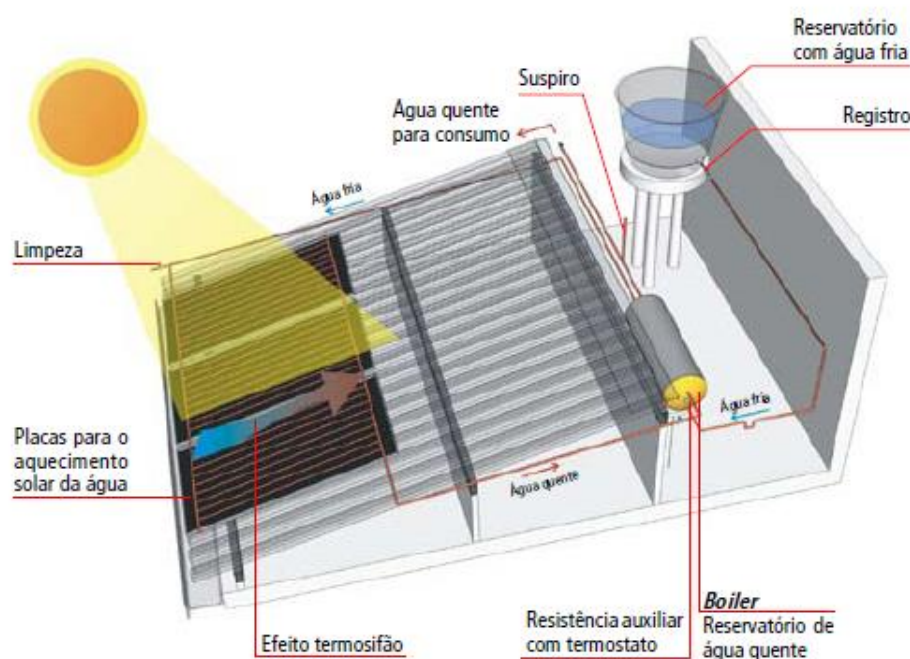


Figura 26 - Aquecedor Solar Residencial ¹¹

3.4 Reservatório térmico – boiler

De acordo com Quinteros (2001), o reservatório térmico, Figura 27, tem a função de realizar o armazenamento de água quente. É fabricado externamente por alumínio e internamente por cobre ou aço inox. Dentro do boiler, por diferença de densidade, a água quente fica na parte superior e a fria na inferior.

¹¹ - Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/energia-a-abundancia-solar>> Acesso 11 jan. 2016

De acordo com Petrucci (1998):

Devido à variação do peso específico da água em função da temperatura, a água que entra no tanque, em temperatura mais baixa que aquela que se encontra em seu interior, tende a se posicionar abaixo desta. A este fenômeno dá-se o nome de estratificação, pois a água se dispõe no interior do tanque como em camadas, segundo suas temperaturas (ou densidades).

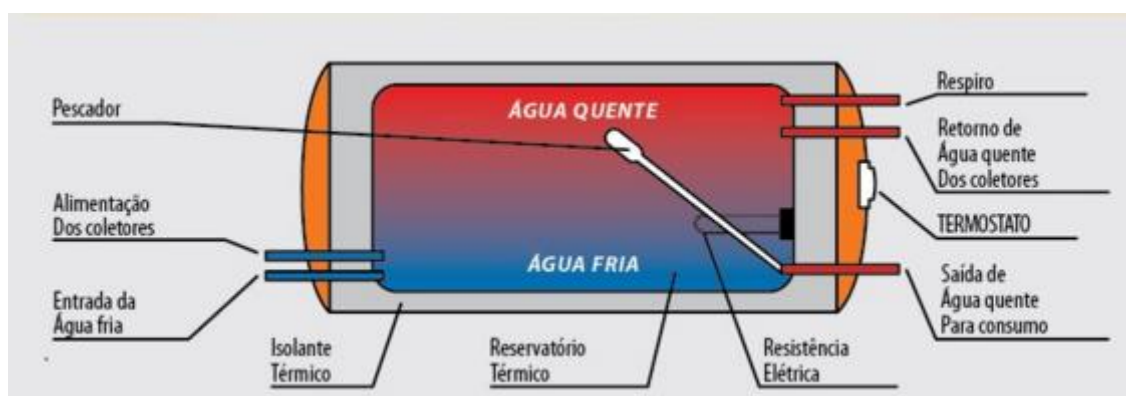


Figura 27 - Reservatório Térmico - Boiler¹²

O Boiler contém um sistema auxiliar elétrico, termostato, o qual sempre garante que a água estará quente. Quando o tempo fica nublado ou chuvoso, esse sistema auxilia para que a água utilizada continue aquecida. De acordo com a temperatura da água, o termostato liga ou desliga.

3.5 Coletores de calor solar

Coletores solares são dispositivos que fazem a captação da energia solar e sua conversão em calor utilizável. Existem dois tipos fundamentais de coletores: os de concentração e os planos. Neste trabalho será abordado somente os planos, Figura 28, devido a sua simplicidade de instalação, baixo custo, maior durabilidade, menores dificuldades em operar em dias nublados e pouca manutenção (Lima, 2003). A manutenção desse tipo de sistemas é pequena, no entanto, deve-se inspecionar visualmente os coletores solares frequentemente, verificando a limpeza e a ocorrência de alterações na superfície do coletor solar (Mesquita 1999).

¹² - Disponível em: <http://www.solarminas.com.br/site/detalhes_prod.php?id=9> (adaptado). Acesso em 13 jan. 2016

A utilização dos painéis solares para a energia fotovoltaica e para o aquecimento térmico são diferentes, pois no primeiro, ocorre a conversão da radiação solar em energia elétrica e, no segundo caso, a energia solar realizará o aquecimento da água pela radiação do sol.

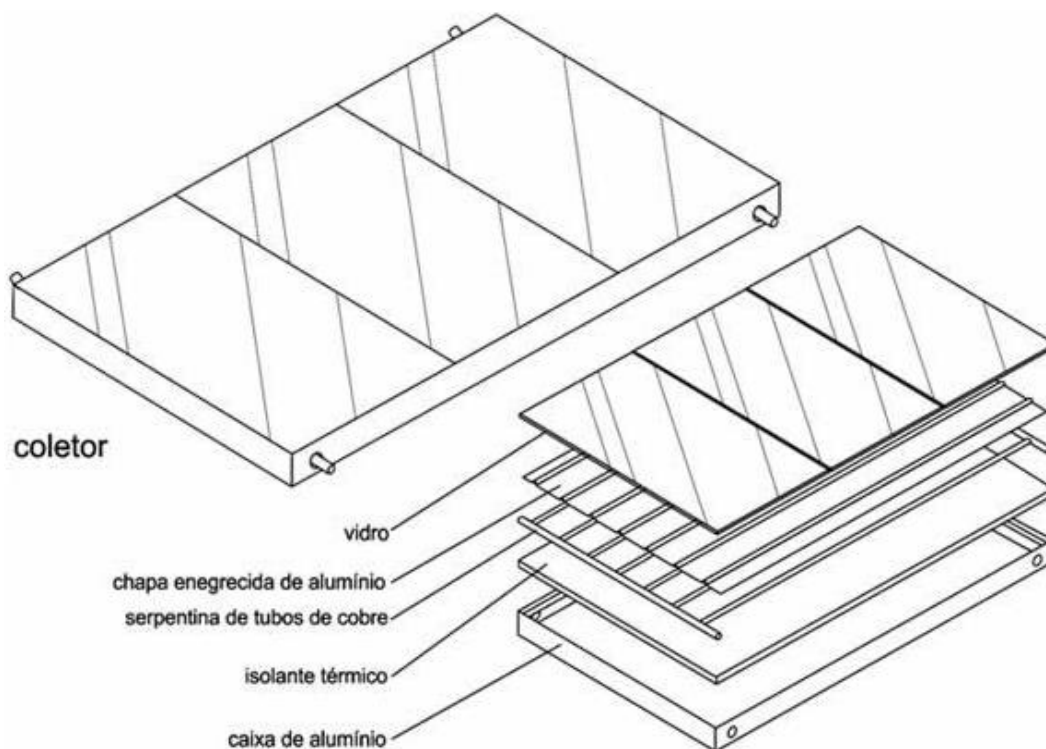


Figura 28 - Coletores de calor solar¹³

Como apresentado na figura acima, o coletor plano é composto por cinco camadas: vidro, chapa enegrecida de alumínio, serpentina de tubos de cobre, isolante térmico e caixa de alumínio. O vidro tem a função de impedir que entre no coletor impurezas como poeira e folhas. O efeito estufa ocorre com a penetração da luz em uma fronteira transparente para luz e não transparente para o calor. A chapa de alumínio auxilia no aquecimento do coletor pelo fato de sua cor escura ter melhor absorção da luz incidida. Os tubos de cobre servem para conduzir a água que capta a luz solar em razão de o cobre ser um bom condutor de calor, permitindo que ele absorva todo o calor recebido e, conseqüentemente, o transmita para a água em circulação. O isolante térmico tem por finalidade manter a temperatura da água, fazendo com que a perda de calor para o meio externo seja mínima.

¹³ - Disponível em: < http://www.unisolaquecedores.com.br/produtos_coletores_banho.php>. Acesso 11 jan. 2016

Na instalação dos coletores, para que se tenha um melhor aproveitamento da luz solar, deve-se observar alguns aspectos importantes: orientação geográfica, ângulo de inclinação e sombreamento. É necessário posicionar corretamente os coletores solares para que consiga um período diário maior de insolação, e além disso, uma melhor captação da radiação solar em determinadas épocas do ano (ABRAVA, 2008).

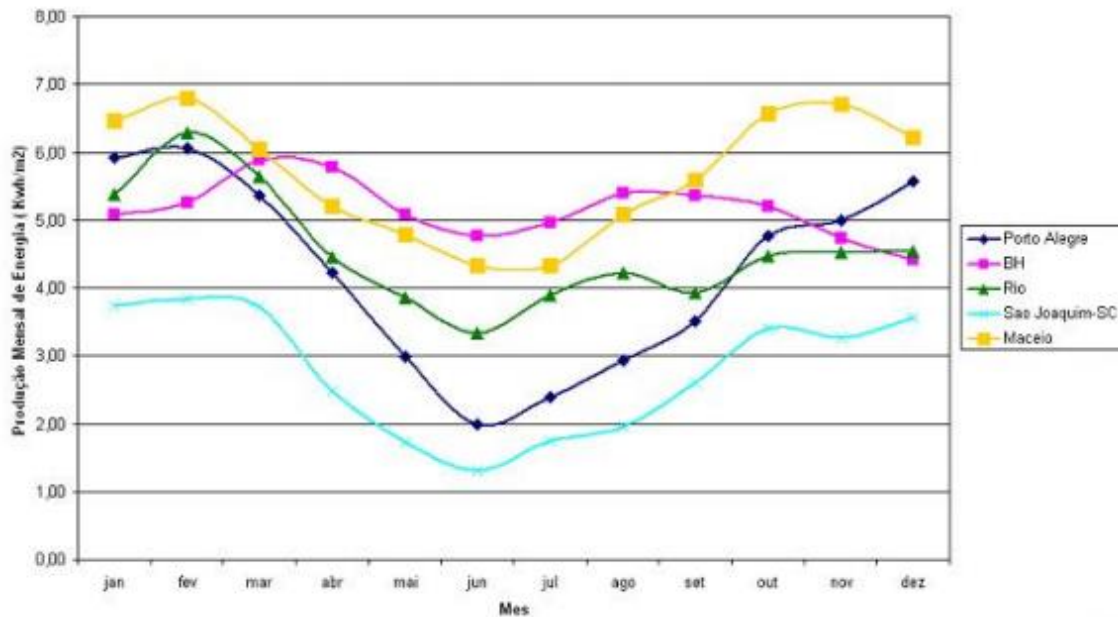


Figura 29 - Produção de Energia em diferentes Localidades

Fonte: ABRAVA, 2008

Para a instalação do sistema é recomendado que seu posicionamento seja com referência ao norte geográfico, ou seja, aproximadamente, 18° à direita do norte magnético, permitindo aceitar um desvio de 30° para leste ou oeste.

A inclinação ideal dos coletores em relação ao plano horizontal tem de ser acrescida da latitude de, aproximadamente, 10° . Com isso, garante-se que tenha um bom aproveitamento da luz solar até em estações como o inverno, em que ocorre uma declinação do eixo da terra em relação ao sistema solar, Figura 30.

Latitude do local + 10°

Cidade	Latitude (grau)	Inclinação (grau)
São Paulo	24	34
Porto Alegre	30	40
Curitiba	25	35
Florianópolis	28	38
Rio de Janeiro	23	33
Campo Grande	20	30
Belo Horizonte	20	30
Salvador	13	23
Fortaleza*	4	14
Brasília	16	16
Manaus*	2	12
Cuiabá	16	26
Natal*	6	16
Recife*	8	18

Figura 30 - Latitude de algumas cidades brasileiras e as Inclinações dos coletores¹⁴

Fonte: QUINTEIROS, 2001

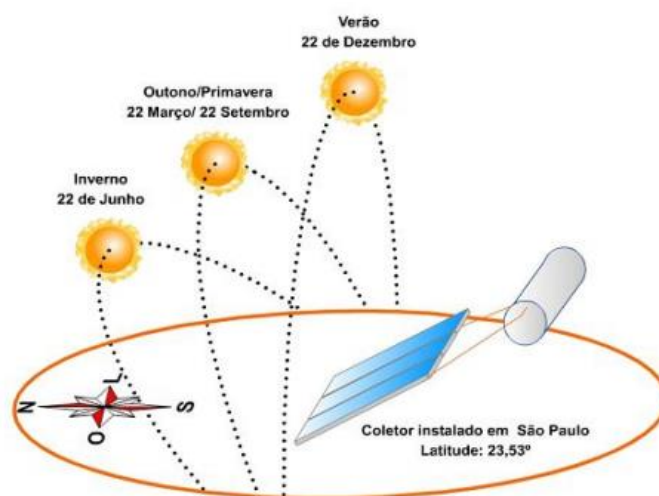


Figura 31 - Inclinação das placas para que se tenha um melhor aproveitamento do sol em todas as estações

Fonte: ABRVA, 2008

¹⁴ - Quando a inclinação for menor que 20° é recomendada a instalação de um suporte

4 ESTUDO DE CASO

Após os estudos realizados nos capítulos anteriores sobre fontes renováveis de energia, neste capítulo foi discutido um estudo de caso, onde foi feita a simulação de uma residência de uma família com quatro moradores. Considerando uma casa com uma sala, dois quartos, dois banheiros, cozinha, lavanderia e área externa, foram detalhados na Tabela 1, os equipamentos eletrônicos que existem nessa residência, sua potência e a média de horas de uso.

EQUIPAMENTOS	POTÊNCIA (W)	QUANTIDADE	HORAS/MÊS (MÉDIA)	CONSUMO KWh/Mês
Cafeteira Elétrica	600	1	30	18
Chuveiro	4500	1	30	135
Computador	100	1	60	6
Decodificador de TV a cabo stand by	20	2	720	28,8
Ferro elétrico	1000	1	16	16
Fogão	60	1	56	3,36
Forno Elétrico	800	1	10	8
Geladeira 1 Porta	75	1	720	54
Lâmpadas incandescentes	100	10	120	120
Liquidificador	300	1	2,5	0,75
Máquina de Lavar	500	1	24	12
Modem de Internet	12	1	540	6,48
Modem de Internet (Stand by)	5	1	180	0,9
Roteador	10	1	720	7,2
Televisão LCD 32"	150	1	150	22,5
Televisão LCD 45"	230	1	150	34,5
Total				473,49

Tabela 1 - Equipamentos eletrônicos da residência¹⁵

Na tabela acima, foi analisada a potência de cada equipamento e calculado o seu consumo mensal em KWh/mês, através da seguinte equação:

$$C = \frac{(P \cdot T)}{1000} \text{ Onde,}$$

C = Consumo (KWh/mês)

P = Potência do equipamento (W)

T = tempo de uso (horas/ mês)

¹⁵ Tabela com referência aos dados da CEMIG: disponível em: < Tabela com referência nos dados da CEMIG, disponível em: < <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Documents/SimuladorDeConsumo/Cemig%20-%20Estime%20seu%20Consumo2.htm>>

Após feito o somatório do consumo mensal em KWh, foi obtido um total de 473,49 KWh. No entanto, observa-se que não há nenhum método utilizado para que se economize energia.

Considerando o preço do KWh da Companhia de Energética de Minas Gerais (CEMIG), no mês de janeiro de 2016, em R\$0,85, o valor da fatura a ser paga por esta família seria de R\$ 407,20, pois estava incluída na tarifa vermelha.

4.1 Alternativas para a economia de energia

Após a análise da Tabela 1, pôde-se observar que os maiores consumos de energia nesta residência são as lâmpadas incandescentes e o chuveiro elétrico, totalizando 255 KWh por mês. Com isso, foi realizada a troca das lâmpadas incandescentes de 100W, por lâmpadas de LED 12W.

4.1.1 Lâmpadas incandescentes

Em 1879, Thomas Edison desenvolveu o primeiro projeto de uma lâmpada elétrica para que fosse comercializada. Composta de uma base metálica e com o filamento de carbono no vácuo dentro de um bulbo de vidro. Atualmente, os filamentos foram alterados de carbono para tungstênio e o bulbo preenchido com mistura de gases inertes para que possa prolongar a vida útil dos filamentos, Figura 32.

Em 2012, a União Europeia decidiu proibir o uso deste tipo de lâmpadas e somente em 2016 o Brasil parou de fabricá-las. Esse veto é devido ao fato de apenas 5% da energia elétrica consumida ser convertida em luz.



Figura 32 - Lâmpada Incandescente¹⁶

¹⁶ - Disponível em: <<http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/lampada12.jpg>> Acesso em 24 jan.2016

4.1.2 Halógena

As lâmpadas halógenas, Figura 33, têm, basicamente, o mesmo funcionamento das lâmpadas incandescentes comuns. No entanto, dentro do bulbo há menores quantidades de gases inertes, o que faz com que a durabilidade do filamento seja aumentada e o escurecimento do bulbo seja diminuído.

Esses tipos de lâmpadas são utilizados para projetos de interiores, residências, museus e faróis de automóveis, por obterem maiores eficiências luminosas e qualidade de luz mais brilhante, fazendo com que os objetos em questão sejam realçados.



Figura 33 - Lâmpadas halógenas¹⁷

4.1.3 Lâmpadas de vapor ou de descarga

De acordo com o Museu da Lâmpada, as lâmpadas de vapores contêm alta potência luminosa e ótima eficiência energética com baixo valor de custo para suas finalidades.

As lâmpadas de descarga, Figura 34, são divididas em duas categorias: de alta pressão e de baixa pressão, sendo que as citadas primeiramente são: lâmpadas de vapor de mercúrio, luz mista, lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão e as lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos metálicos. Já as de baixa pressão são: lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão, lâmpada fluorescente e a fluorescente compacta.

¹⁷ - Disponível em: <http://www.thomeeletrica.com.br/image/data/Categorias/lampadas_halogenas.jpg> Acesso em 24 jan.2016



Figura 34 - Lâmpadas de vapor de descarga¹⁸

4.1.4 Lâmpadas de led

A tradução de Light Emitting Diode (LED) é diodo emissor de luz, ou seja, transforma a energia elétrica em luz. O que a difere das outras citadas é que a conversão de energia elétrica em luz é feita na matéria.

As lâmpadas de LED, Figura 35, comparada a outros tipos de lâmpadas citadas acima, possuem uma maior vida útil, um custo de manutenção reduzido, além de o consumidor conseguir ter um controle mais dinâmico das cores e de ser possível fazer a dimerização dos mesmos, controlando seu brilho de 0% a 100%, sem alterar a vida útil das lâmpadas. Dentre outros benefícios, o principal é o de ser ecologicamente correta, pois não é utilizado mercúrio nem outro elemento que prejudique a natureza em sua composição.



Figura 35 - Lâmpada de LED¹⁹

¹⁸ - Disponível em:

<<http://www.ipalux.com.br/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/u/n/untitled5645.jpg>>
> Acesso em 23 jan.2016

4.1.5 Comparação entre os tipos de lâmpadas

Para fazer a avaliação entre o seu valor de compra e o seu consumo foi avaliado, de uma mesma empresa, os valores dos quatro tipos de lâmpadas:

TIPO DE LÂMPADA	VALOR DE COMPRA*	CONSUMO ENERGÉTICO (KWh/mês) **	POTÊNCIA	VIDA UTIL
Incandescente	R\$ 13,69	9.00	60W	750 horas
Halógena	R\$7,59	9.00	60W	1000 horas
Fluorescente	R\$16,39	3.50	23W	8000 horas
Led	R\$31,90	1.80	12W	25000 horas

Tabela 2-Comparação entre os tipos de lâmpadas²⁰

Ao analisar a vida útil de cada tipo de lâmpada, podemos observar que o preço de compra das lâmpadas de LED torna-se melhor devido ao seu tempo de vida útil e o seu consumo energético. Convertendo as horas de vida útil de cada lâmpada em dias temos:

TIPO DE LÂMPADA	VIDA UTIL (horas)	VIDA UTIL (dias)
Incandescentes	750 horas	31,25
Halógenas	1000 horas	41,66
Fluorescentes	8000 horas	333,33
Led	25000 horas	1041,66

Tabela 3 - Conversão do tempo de vida útil das lâmpadas

Ou seja, em um pouco mais de três anos seria necessário comprar, aproximadamente, 34 lâmpadas incandescentes, 25 halógenas, 3 fluorescente e, apenas, 1 de led. Ao fazer a comparação de preço, temos:

¹⁹ - Disponível em: <<http://www.acquafort.com.br/>> Acesso em 24 jan.2016

²⁰ *preços com base no site da loja Leroy Merlin

**Base com a utilização de 5horas diárias durante os 30 dias do mês

TIPO DE LÂMPADA	VALOR DE COMPRA*	EM APROXIMADAMENTE 3 ANOS
Incandescentes	R\$ 13,69	R\$465,46
Halógenas	R\$7,59	R\$189,75
Fluorescentes	R\$16,39	R\$49,17
Led	R\$31,90	R\$31,90

Tabela 4 - Valor de troca das lâmpadas em três anos

Ou seja, através dessas comparações pode-se observar a diferença de consumo das lâmpadas e os seus preços. A lâmpada de LED com apenas 12W ilumina o que uma incandescente de 60W ilumina. Além disso, no final de um mês a economia ultrapassa 80%. Após esta comparação de preços e de consumo energético, temos:

EQUIPAMENTOS	POTÊNCIA (W)	QUANTIDADE	HORAS/MÊS (MÉDIA)	CONSUMO KWh/Mês
Cafeteira Elétrica	600	1	30	18
Chuveiro	4500	1	30	135
Computador	100	1	60	6
Decodificador de TV a cabo stand by	20	2	720	28,8
Ferro elétrico	1000	1	16	16
Fogão	60	1	56	3,36
Forno Elétrico	800	1	10	8
Geladeira 1 Porta	75	1	720	54
Lâmpadas LED	12	10	120	14,4
Liquidificador	300	1	2,5	0,75
Máquina de Lavar	500	1	24	12
Modem de Internet	12	1	540	6,48
Modem de Internet (Stand by)	5	1	180	0,9
Roteador	10	1	720	7,2
Televisão LCD 32"	150	1	150	22,5
Televisão LCD 45"	230	1	150	34,5
Total				367,89

Tabela 5 - Consumo mensal após a substituição por LED

Podemos observar que após a mudança das lâmpadas, o consumo mensal diminuiu 105; 6 KWh por mês, uma economia de R\$90,82. Com isso, a fatura de R\$407,20 reduziu para R\$316,39.

Considerando os preços da loja Leroy Merlim na internet, em que cada lâmpada de LED custa R\$31,90, o consumidor terá um retorno dessa troca em aproximadamente três meses e meio:

$$T = 10 \times P_{\text{lâmpada}}$$

Sendo, $P_{\text{lâmpada}} = 31,90$, com isso:

$$T = 319,00 \text{ onde,}$$

T é o total a se pagar.

Dividindo o gasto total pela economia obtida, temos:

$$E = 319 \div 90,82$$

$$E = 3,5 \text{ Onde,}$$

E é o tempo em que se levará para pagar a compra das lâmpadas com a economia na conta de luz.

4.2 Aquecimento solar de água para chuveiro

Após realizar a troca das lâmpadas incandescentes para LED, o chuveiro é o equipamento eletrônico que consome mais, totalizando 135KWh mensal. Com isso, o objetivo é realizar a instalação de um aquecedor solar para que a água do chuveiro seja aquecida. Após a instalação, temos a conta atualizada.

EQUIPAMENTOS	POTÊNCIA (W)	QUANTIDADE	HORAS/MÊS (MÉDIA)	CONSUMO KWh/Mês
Cafeteira Elétrica	600	1	30	18
Chuveiro	4500	1	30	-
Computador	100	1	60	6
Decodificador de TV a cabo stand by	20	2	720	28,8
Ferro elétrico	1000	1	16	16
Fogão	60	1	56	3,36
Forno Elétrico	800	1	10	8
Geladeira 1 Porta	75	1	720	54
Lâmpadas LED	12	10	120	14,4
Liquidificador	300	1	2,5	0,75
Máquina de Lavar	500	1	24	12
Modem de Internet	12	1	540	6,48
Modem de Internet (Stand by)	5	1	180	0,9
Roteador	10	1	720	7,2
Televisão LCD 32"	150	1	150	22,5
Televisão LCD 45"	230	1	150	34,5
Total				232,89

Podemos observar que após a instalação do aquecedor solar o consumo mensal reduziu de 367,89 para 232,89, totalizando uma redução de 135KWh por mês. Fazendo a conversão para o preço da conta, temos uma redução de R\$116,1.

$$P = 135 \times 0,86$$

$$P = 116,1 \text{ Onde,}$$

P = valor em R\$ da economia realizada.

4.2.1 Cálculo do investimento

Considerando os preços no site da empresa ASOLMG, temos:

- Aquecedor solar com duas placas planas com capacidade de 400 litros = R\$ 2.150,00

Considerando que foi obtido uma redução de R\$116,1 na fatura de energia, para calcularmos o tempo previsto para o pagamento desta instalação, temos na Equação 4:

$$E = 2150 \div 116,1$$

$$E = 18,51$$

Transformando em anos, temos:

$$E = 18,51 \div 12$$

$$E = 1,54$$

Logo, a instalação será paga com o valor economizado na conta em 1,54 anos ou em aproximadamente 18 meses.

Após todas essas economias realizadas, o consumo total desta residência ficou em 232,89 KWh mensal. Portanto, esse é o valor o qual deve-se analisar para que sejam realizados os cálculos para a instalação de placas fotovoltaicas.

4.3 Instalação de placas fotovoltaicas

Para realizar o dimensionamento de uma instalação de placas fotovoltaicas é necessário que seja feita uma média dos gastos energéticos dos últimos meses. No caso em questão, como é uma simulação, será considerado como média, o último resultado obtido, ou seja, 232,89 KWh mensal. Logo, este consumo será convertido para Wh mensal, Equação.

$$M = 232,89 \times 1000$$

$$M = 232890 \text{ Wh/mês}$$

Convertendo para o consumo diário temos:

$$M = 232890 \div 30$$

$$M = 7763 \text{ Wh/dia}$$

4.3.1 Índice Solarimétrico

O índice solarimétrico é a quantidade de energia que será incidida em uma área durante o dia. A unidade no Sistema Internacional de Medidas, é o kWh/m², ou seja, será calculado a quantidade de Watts que incidirá em uma hora numa área de um metro quadrado.

No caso em estudo, a região a ser analisada será a cidade de Ouro Preto, Minas Gerais. De acordo com o Índice Solarimétrico da CRESESB, o índice solarimétrico do local é de 4,6 kWh/m²*dia, Figura 36.

Localidades próximas

Latitude: 20,2875° S
Longitude: 43,508056° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]													Média	Delta		
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out			Nov	Dez
✓	Belo Horizonte	Belo Horizonte	MG	BRA	19,9° S	43,937777° O	62,3	4,28	5,56	4,06	4,28	3,69	3,72	3,97	4,36	4,69	4,44	4,81	4,33	4,35	1,87
✓	Joao Monlevade	João Monlevade	MG	BRA	19,8° S	43,173611° O	64,6	5,28	5,25	4,78	4,11	3,69	3,47	3,89	4,44	4,11	4,67	4,56	4,86	4,43	1,81
✓	Ibirite	Ibiritê	MG	BRA	20° S	44,058888° O	65,9	5,28	5,44	5,11	4,64	4,31	3,86	4,17	4,78	4,67	5,00	5,00	5,33	4,80	1,58

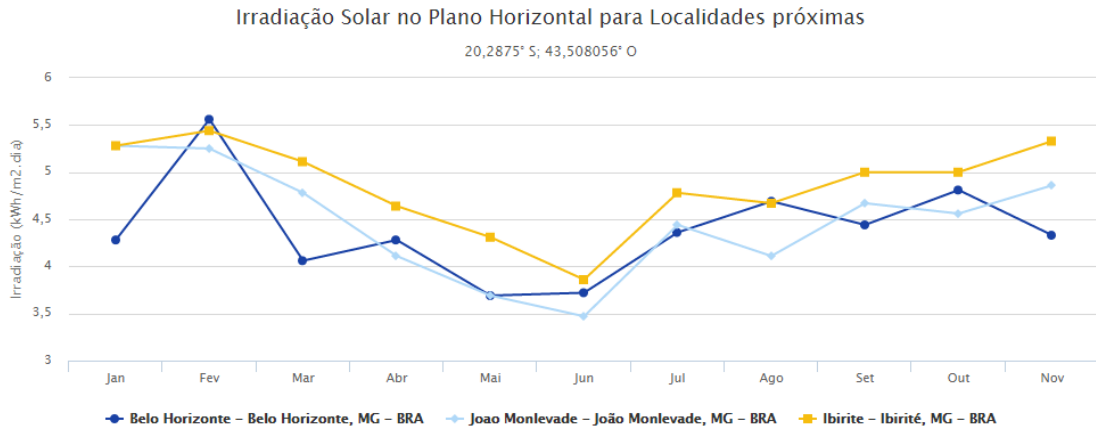


Figura 36- Índice Solarimétrico das cidades próximas à Ouro Preto
Fonte: CRESESB

De posse destas informações, será necessário estabelecer a eficiência do projeto a ser instalado, por existir perdas na geração de energia e em sua transmissão de potência. Neste projeto será realizado a instalação *on grid*, em que a instalação é conectada à rede elétrica. Considerada uma eficiência de 90% para o projeto em questão, temos:

Calculando a potência total das placas fotovoltaicas, temos:

$$Pot = 7763 \div 4,6$$

$$Pot = 1687,6 \text{ W}$$

Assumindo que o projeto tem uma eficiência de 90%, temos:

$$Eficiência = 1687,6 \div 0,90$$

$$Eficiência = 1518,85 \text{ W}$$

Considerando que serão utilizadas placas de 260 W, serão necessárias:

$$Quantidade_{placas} = 1518,85 \div 260$$

$$Quantidade_{placas} = 5,85$$

Logo, serão necessárias 6 placas solares para a realização do projeto de instalação.

De acordo com os preços da loja virtual Minha Casa Solar, os equipamentos necessários para a instalação custam:

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	PREÇOS (R\$)*	TOTAL (R\$)
Painel Solar 260W	6	1069,00	6414
Inversor GridTie 3,0 Kw	1	5990,00	5990,00
StringBox	1	1359,00	1359,00
Outros (Cabos, Suportes, Instalação)		5000,00	5000,00
Total			18763,00

Tabela 6 - Gastos de projeto para a instalação fotovoltaica²¹

Ao se fazer os cálculos dos gastos necessários, será necessário R\$18763,00. Considerando que a economia realizada antes da instalação das placas fotovoltaicas era de R\$206,92, este investimento começará a ter lucro para o cliente em:

$$T = 18763 \div 206,92$$

$$T = 90,68 \text{ meses}$$

Convertendo para anos, temos:

$$T = 90,68 \div 12$$

$$T = 7,6 \text{ anos}$$

Considerando todos os gastos realizados para a modificação desta residência temos:

²¹ - * Valores obtidos pelo site <http://minhacasasolar.lojavirtualfc.com.br/> Acesso 27 jan.2016

MODIFICAÇÕES	VALOR (R\$)	DURABILIDADE (MÉDIA)
10 LÂMPADAS DE LED	319,00	3 ANOS
INSTALAÇÃO DE AQUECEDOR SOLAR	2150,00	De 15 a 20 anos
INSTALAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICA	18763,00	De 20 a 25 anos
TOTAL	21232,00	
RETORNO FINANCEIRO	8,6 ANOS	

Tabela 7 - Custo x benefício do investimento

5 CONCLUSÕES

Desde o ano de 2001, o Brasil vem enfrentando crises no setor energético. Com o risco de a população ficar sem energia elétrica em todo o país, o brasileiro foi obrigado a mudar seus hábitos de consumo para que o fenômeno do “apagão” fosse contornado.

Além dos fatores políticos que ocasionaram essa crise em 2001 e a atual, um fator que contribui para agravar essa situação, é o fato de o Brasil ser dependente da produção de energia elétrica através de usinas hidrelétricas que, conseqüentemente, precisam de chuvas para que mantenham o nível considerado adequado em seus reservatórios e, assim, produzir energia elétrica.

Desde 2015 as concessionárias brasileiras trabalham com o Sistema de Bandeiras Tarifárias, em que cada cor representa uma tarifa a ser paga pelo consumidor. A bandeira verde indica que as condições de geração de energia estão favoráveis, não necessitando aumentar a tarifa. Na bandeira amarela a situação não está tão favorável quanto a verde, logo será acrescido R\$0,025 para cada kWh consumido. A bandeira vermelha significa os custos foram aumentados, ou seja, as térmicas são ligadas para a geração de energia. Com isso, será cobrado 0,045 por kWh consumido. No entanto, no final de janeiro de 2016, a ANEEL decidiu dividir a bandeira vermelha em duas categorias, sendo uma cobrando 0,03 por kWh consumido e a outra o preço que já era cobrado anteriormente: 0,045 por kWh.

Com todos esses problemas vivido pelo país, desejou-se de realizar este estudo para análise da utilização de fontes renováveis de energia. No primeiro capítulo foi feito um breve resumo da situação energética do país e apresentou-se a disposição do trabalho. No segundo, foi apresentada uma visão geral da utilização e instalação de placas fotovoltaicas. No terceiro foi mostrado o recuso utilizado para o aquecimento da água do chuveiro. E, por fim, no capítulo 4 foi feita a simulação de uma residência com os equipamentos eletrônicos utilizados e o quanto consegue-se economizar aplicando os modelos apresentados nos capítulos anteriores.

Nos dias atuais, em que o mundo precisa de soluções para driblar os prejuízos acarretados pelo desenvolvimento econômico, é necessário que a população tenha conhecimentos para não ser afetada com tarifas altas estabelecidas pelas concessionárias de energia ou, até mesmo, com apagões. Com isso, espera-se que esse trabalho amplie os conhecimentos da

população acerca de fontes alternativas de obtenção de energia para que seja possível a compreensão dos benefícios de se ter uma casa autossustentável.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINEE. PROPOSTA PARA INSERÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA – 2012. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Disponível em: < www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf > Acesso em 15 jan. 2016.

ABRAVA – MANUAL DE CAPACITAÇÃO EM PROJETOS DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR-2008. Associação Brasileira de Refrigeração Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. Edição Abril de 2008, p.138. Disponível em < <http://www.dasolabrava.org.br/publicacoes/aquecimento-solar/>> Acesso em 25 jan. 2015.

ABRAVA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO AR CONDICIONADO VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO. Notícias Abrava. In.: **Revista Abrava**, Edição 294, agosto 2011, p. 53. Disponível em: <<http://www.newsflip.com.br/pub/revistasol//index.jsp?edicao=2177> >. Acesso em: 27 fev. 2016

ALVES, A. F. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO AUTOMÁTICO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS. 2008. (Tese de doutorado com área de Concentração em Energia na agricultura) – 152 folhas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu. Botucatu-SP, 2008.

Aneel – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012: RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482/2012; 17/04/2012. ALTERADA PELA RN Nº 517; 11/12/2012. Disponível em: <www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> Acesso em 13 jan. 2016

ANEEL. ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL – 2008 - Agência Nacional de Energia Elétrica Atlas de Energia Elétrica – ANEEL 3ª Edição; Brasília, 2008. Disponível em: < www.aneel.gov.br > Acesso em 12 nov. 2015.

ANEEL. **ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL – 2009** - Agência Nacional de Energia Elétrica Atlas de Energia Elétrica – ANEEL 3ª Edição; Brasília, 2009. Disponível em: < www.aneel.gov.br> Acesso em 12 nov. 2015.

ANEEL. **ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL – 2010** - Agência Nacional de Energia Elétrica Atlas de Energia Elétrica – ANEEL 3ª Edição; Brasília, 2010. Disponível em: < www.aneel.gov.br> Acesso em 12 nov. 2015.

ANEEL. **RELATÓRIO ANEEL - 2013**. Agência Nacional de Energia Elétrica BIG - Banco de Dados de Informações Gerenciais. Disponível em. <www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Relatorio_Aneel_2013.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2015.

BRAGA, R. P.. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES**. 2008. 67f..(Formas Alternativas de Geração de Energias Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2008.

CECCHINI, T. **OTIMIZAÇÃO DAS REGIÕES ALTAMENTE DOPADAS DE CÉLULAS SOLARES FABRICADAS POR PROCESSOS TÉRMICOS RÁPIDOS**. 2003. 102f. Dissertação (Mestrado em ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS) - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre, 2003.

CEEETA, **PAINÉIS FOTOVOLTAICOS** - 2001: Disponível em <www.ceeeta.pt/downloads/pdf/Solar.pdf> Acesso em 05 nov. 2015.

CHIVELET, N. M.; SOLIA, I. F.; **TÉCNICAS DE VEDAÇÃO FOTOVOLTAICAS NA ARQUITETURA**. 194p. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman. Brasil, 2010.

CRESESB – CEPEL. **ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL – 2000**. Banco de Dados Solarimétrico. Recife, 2000, p.116.

Empresa de Pesquisa Energética. **PLANO NACIONAL DE ENERGIA 2030 – 2007**. Ministério de Minas e Energia – 2007. Brasília. 2007. Disponível em <www.epe.gov.br/PNE/20080111_1.pdf> Acesso em 12 fev. 2016.

Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão Machado, C. T.; Miranda, F. S.* Rev. Virtual Quim. 2015, 7 (1), 126-143. Disponível em <www.uff.br/rvq - machado,2015> Acesso em 26 fev. 2016.

FELTRE, R. **QUÍMICA GERAL**. v1. 6 ed. São Paulo: Editora Moderna, 2004. 400 p.

GREENPRO. **ENERGIA FOTOVOLTAICA – MANUAL SOBRE TECNOLOGIAS - 2004**, Projeto e Instalações. União Europeia: ALTENER, 2004.

IBGE – **ESTATÍSTICAS SOBRE O CUSTO MÉDIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Disponível <www.serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PRECO415> Acesso em 28 jan. 2016.

LIMA, J. B. A. **OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES UTILIZANDO O PROGRAMA TRNSYS**. 142 f. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MESQUITA, L. C. S. **PANORAMA ATUAL DA UTILIZAÇÃO DE AQUECIMENTO SOLAR. IN: FONTES NÃO CONVENCIONAL DE ENERGIA: AS TECNOLOGIAS SOLAR, EÓLICA E DE BIOMASSA**, 2ª edição, Florianópolis: Ed da UFSC, 1999. p 29-44.

MME. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL – 2015, ANO BASE 2014**. Ministério de Minas e Energia, 2015, Edição Brasília, 2015. Disponível em < ?? > Acesso em 12 dez. 2015.

OECD; IEA. **ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT/INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. SOLAR ENERGY PERSPECTIVES**, 2011. Disponível em: <<http://www.iea.org/Textbase/npsun/solar2011SUM.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

PEREIRA, O. L. S; GONÇALVES, F. F. **DIMENSIONAMENTO DE INVERSORES PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA: ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE TUBARÃO – SC.** Revista Brasileira de Energia, v.14, n. 1, p. 25-45. 2008.

PETRUCCI, A. L. **MODELO PARA PREVISÃO DO COMPORTAMENTO DE AQUECEDORES DE ACUMULAÇÃO EM SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE.** São Paulo, 1998. 167p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PINHO, J.T., GALDINO, M. A. (Organizadores), **MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.**2014 – 530 folhas, CEPEL – CRESESB, edição revisada e atualizada, Rio de Janeiro – RJ, 2014.

PlanHab. **PLANO NACIONAL DE HABITAÇÃO** – Ministério das Cidades, 2009. Brasília. 2009. 212p. Disponível em <www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/Publicacoes/Publicacao_PlanHab_Capa.pdf> Acesso em 23 dez. 2015 .

PROCEL. **PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.** Disponível em: < www.eletronbras.gov.br/procel >. Acesso em 10 dez. 2015.

QUINTEROS, A. R. **AQUECIMENTO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR.** Disponível em: <> Acesso em 23 jan. 2016.

TEXEIRA, G. **O NOVO CICLO DA ENERGIA NUCLEAR.** Brasil nuclear, v. 8, n. 23, p.167 – 185, 2002.

TESSARO, A. R. **DESEMPENHO DE UM PAINEL FOTOVOLTAICO ACOPLADO A UM RASTREADOR SOLAR.** 2006. (Otimização de Formas Alternativas de Geração de Energias Elétrica) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2006.

VARELLA, F.; GOMES, R. D. M.; JANUZZI, G. M. **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA NO BRASIL: PANORAMA DA ATUAL LEGISLAÇÃO**. Campinas: International Energy Initiative, 2009. Disponível em: <www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/RELATORIO_PROJETO_2_FINAL.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2015.

ZILLES, R., MACÊDO, W. N., GALHARDO, M. A. B., OLIVEIRA, S. H. S., **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA**, Oficina de Textos, São Paulo - SP, 2012

