

# **ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

Renata Assunção Milano<sup>1</sup>

Lorena Silva<sup>2</sup>

## **RESUMO**

A evolução da sociedade trouxe um novo desafio para a manutenção da qualidade de vida e fornecimento das suas necessidades básicas. A geração de energia em larga escala para atender a demanda da população se tornou uma pauta muito importante. Apesar de possuir uma excelente capacidade de produção através de hidrelétricas, no Brasil, está sendo levantado um questionamento a respeito dos impactos ambientais dessa modalidade, e, a utilização de combustíveis fósseis, ainda persistente, como forma de complementar as exigências de energia. A geração de energia solar se mostrou uma oportunidade com um excelente custo-benefício no país, visto a sua enorme capacidade, devido a sua localização e níveis de radiação solar. Devido a esses fatores, este trabalho trata do levantamento de uma instalação para geração de energia fotovoltaica, estabelecendo uma estimativa de retorno, em que a economia feita com a conta paga mensalmente à concessionária, seria destinada ao pagamento dos equipamentos que, ao serem quitados passariam a gerar energia a custo zero, ficando o proprietário, obrigado a pagar somente a taxa de utilização da rede da empresa, caso ainda continue conectado à rede de distribuição. Adotada a geração de energia solar para consumo somente da residência analisada, em um período inferior a 5 anos, a economia gerada quitou os equipamentos. Além disso, fora constatado que existem diversas linhas de crédito disponíveis nos bancos, facilitando o acesso à instalação dessa fonte de energia limpa e sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia solar; Economia; Custo-benefício.

## **ABSTRACT**

The evolution of society has brought a new challenge for maintaining the quality of life and supplying its basic needs. Large-scale power generation to meet population demand has become a very important agenda. Despite having an excellent production capacity through hydroelectric dams, in Brazil, a question is being raised about the environmental impacts of this modality, and the use of fossil fuels, still persistent, as a way to complement the energy requirements. Solar power generation has proved to be a cost-effective opportunity in the country, given its huge capacity due to its location and solar radiation levels. Due to these factors, this work deals with the survey of an installation for photovoltaic power generation, establishing a return estimate, in which the savings made with the monthly bill

<sup>1</sup> Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Mário Palmério - UNIFUCAMP

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU

paid to the concessionaire, would be destined to the payment of the equipment that, when paid, would pass. to generate energy at zero cost, being the owner obliged to pay only the utilization fee of the company's network, if still connected to the distribution network. Adopting the generation of solar energy for consumption only of the analyzed household, in a period of less than 5 years, the savings generated paid off the equipment. In addition, it was noted that there are several credit lines available at banks, facilitating access to the installation of this clean and sustainable energy source.

**KEYWORDS:** Solar energy; Economy; Cost benefit.

## 1.INTRODUÇÃO

A crise energética, apesar de não ser uma questão muito recente, é ainda um tema muito debatido na sociedade. A redução das reservas petrolíferas mundiais, principalmente após a crise do petróleo na década de 70, os impactos ambientais causados pelo uso de fontes de energia poluentes e o aumento da demanda por oferta de energia devido ao crescimento contínuo da população, são alguns dos fatores relacionados à crise energética que gera discussão no cenário global (CABRAL; VIEIRA, 2012).

Diante da escassez dos recursos naturais e o aumento da demanda por energia, difundiu-se, ao longo dos anos uma preocupação ambiental e uma busca cada vez maior por fontes alternativas de energia (CABRAL; VIEIRA, 2012).

Como destaca Pacheco (2006), o Brasil possui uma grande vantagem no que se refere a fontes renováveis, com a possibilidade de geração através de diversos meios, e, com a utilização de fontes renováveis. Um exemplo amplamente difundido é a utilização da biomassa na produção de derivados como o álcool e o biodiesel, entre outros. Dentro desse cenário, destaca-se a energia solar fotovoltaica, transformação da luz solar em energia, que ganha todo esse destaque por se tratar de uma energia limpa, livre de emissões de resíduos indesejáveis e renovável, visto que sua fonte é inesgotável. Além dessa vantagem ambiental, a energia solar fotovoltaica traz também benefícios quanto a sua viabilidade econômica, com toda a vida útil de seus equipamentos, cerca de 30 anos, sua baixa manutenção e sua fácil aplicação que pode ser feita em praticamente qualquer estrutura.

Somente parte da radiação solar atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Mesmo assim, estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial (CRESESB, 2008).

A maior parte do território Brasileiro se encontra próximo à linha do Equador, o

que implica em dias com maior duração solar, resultando em uma maior quantidade de radiação solar distribuída por todo o território, o que torna o Brasil um país propício para o aproveitamento da energia solar (PESSOA, 2011).

A realização deste trabalho justifica-se pela necessidade de encontrar alternativas para a produção de energia, bem como pela oportunidade da utilização de uma energia mais barata, a longo prazo. Segundo a NeoSolar (2018), empresa do ramo de produção de energia solar, localizada na cidade de São Paulo, além da economia e do retorno financeiro de aproximadamente 25 % ao ano do valor investido, a aplicação do sistema gera uma valorização de até 10% do valor do imóvel já logo após a instalação. Nos EUA, onde os primeiros sistemas já têm mais de 20 anos, uma pesquisa publicada pelo New York Times, com mais de 20 mil imóveis vendidos, mostrou que o sistema valoriza o imóvel em 4 dólares por Watt instalado. Isso é mais que o próprio preço do sistema.

## **1.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica em uma residência unifamiliar para uma família composta por 04 pessoas.

## **1.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Apresentar informações e maiores detalhes de como é o funcionamento e geração de energia a partir de um sistema fotovoltaico.
- Determinar o porte do sistema fotovoltaico a ser implantado para suprir as necessidades de referida residência;
- Estimar o tempo de retorno energético e financeiro baseado nos gastos de uma residência que faz o uso exclusivo da energia da rede.
- Analisar a viabilidade da implantação do sistema solar fotovoltaico e as vantagens da adoção desse sistema.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Energia Solar**

Já é do conhecimento de todos que o Sol é a principal fonte de energia do planeta, primordial para a sobrevivência humana e para o bom funcionamento do planeta, e se tratando de energias renováveis, ele é o responsável pela criação de várias formas de energia (PESSOA, 2011).

O Sol fornece anualmente, para a atmosfera terrestre cerca de  $1,5 \times 10^{18}$  kWh de energia, tratando-se de um valor considerável, correspondente a 10000 vezes o consumo mundial de energia neste mesmo período de tempo (CRESESB, 2018).

A energia solar nada mais é do que a transformação da luz e do calor do sol em energia. Esse tipo de energia pode ser visto em utilização de diversas formas, como no aquecimento de água que será utilizada em chuveiros e algumas torneiras das residências, e como será abordado nesse trabalho, na forma de energia elétrica, gerada através de painéis fotovoltaicos. O uso da energia solar vem sendo difundido ao longo dos últimos anos, por se tratar de uma fonte de energia alternativa limpa, sem emissão de carbono e de fonte inesgotável. Nesse cenário se destaca a energia solar fotovoltaica, que além dos benefícios já citados, também apresenta uma grande facilidade de aplicação dos sistemas de geração e se trata de uma fonte que tende a ser econômica a longo prazo, pois são necessários apenas alguns anos para que o valor que foi gasto com sua aplicação seja pago pelo próprio sistema através de economias na conta de luz (PORTAL SOLAR, 2019).

### ***2.2.1 Energia fotovoltaica no mundo***

Para Vianna (2010) a energia solar fotovoltaica vem se destacando no cenário energético mundial nos últimos anos. Diante do objetivo de redução de gases poluentes, vilões do aquecimento global, grandes potências mundiais começaram a investir em energias renováveis e em estudos de projetos de eficiência energética para substituir o uso de combustíveis fósseis na produção de energia elétrica.

O motivo desse aumento da procura pela energia fotovoltaica foi o fato de diversos líderes de países estarem trabalhando por um crescimento mais sustentável, refletindo diretamente no aumento do uso de energias renováveis. Dentre os países que mais investiram nos últimos anos estão China e EUA, sendo que, até 2015, a Alemanha era a líder em capacidade instalada (REN21, 2015).

Como mostrado na Tabela 1, no ano de 2017 o Brasil entrou no ranking mundial dos países que mais investiram em energia solar fotovoltaica, e a expectativa é de que nos próximos anos o investimento seja ainda maior.

Tabela 1 - Países que mais investiram em energia fotovoltaica em 2017.

1º	CHINA	53 GW
2º	EUA	10,6 GW
3º	ÍNDIA	9,1 GW
4º	JAPÃO	7 GW
5º	TURQUIA	2,6 GW
6º	ALEMANHA	1,8 GW
7º	AUSTRÁLIA	1,25 GW
8º	CORÉIA DO SUL	1,2 GW
9º	REINO UNIDO	0,9 GW
10º	BRASIL	0,9 GW

Fonte: Adaptado de *Snapshot of Global PV Markets*, IEA PVPS (2018).

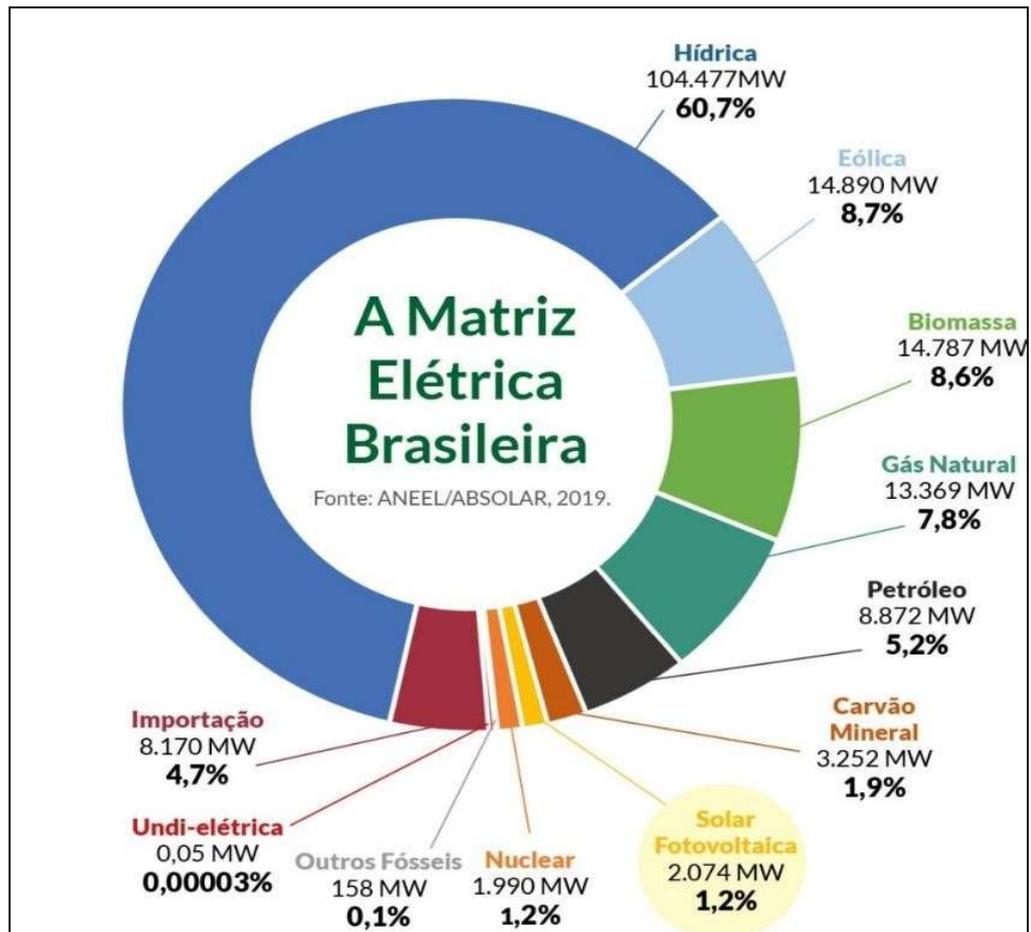
### 2.2.2 Energia fotovoltaica no Brasil

As formas de energia que suprem a demanda nacional em larga escala são basicamente compostas por Usinas Hidrelétricas, Eólicas, Térmicas e Nucleares. No entanto, esses sistemas estão sobrecarregados e existem alguns fatores naturais e sociais que impedem a construção de novas usinas a partir dessas matrizes, portanto, são necessários novos parâmetros de produção de energia (URBANETZ, 2010).

O Brasil está entre os países mais propícios para o uso da energia solar, devido a sua localização e seus excelentes níveis de radiação solar. Isso o coloca em vantagem em relação aos países europeus que já fazem o uso desse tipo de energia há algum tempo (TOLEDO, 2010).

A Figura 1 mostra que a energia solar fotovoltaica representa apenas 1,2% da utilização de energia elétrica do país, mesmo tendo potencial para suprir sozinha toda a demanda energética do país.

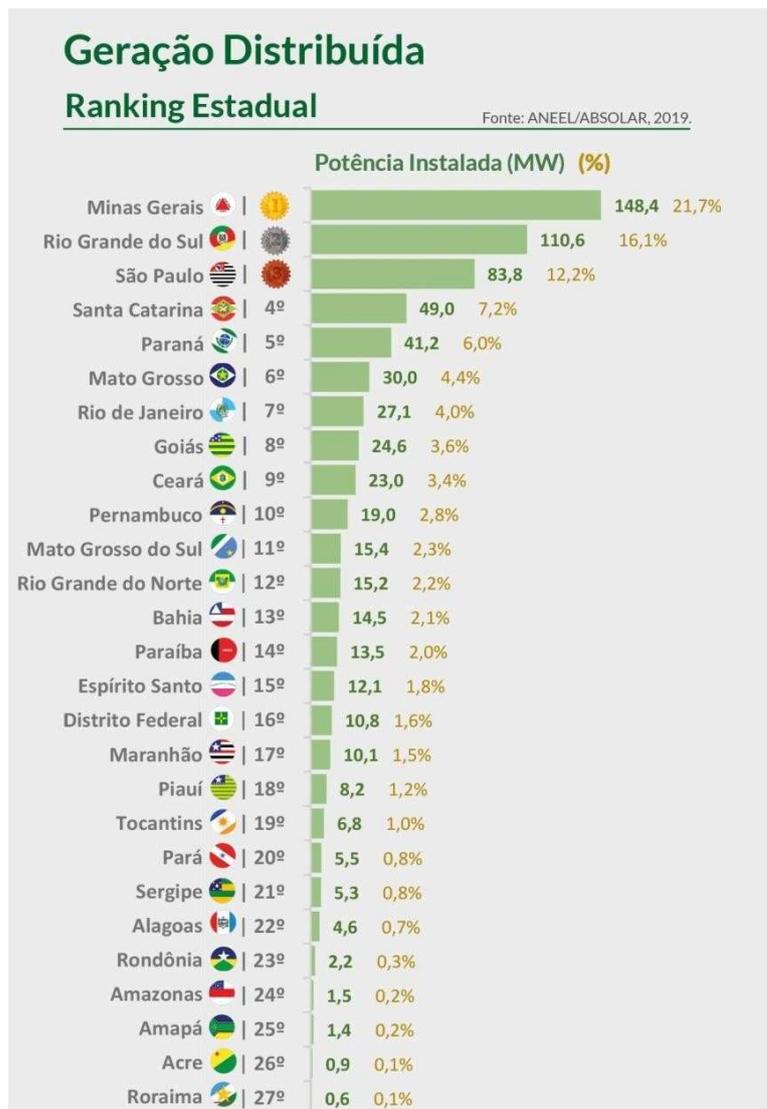
Figura 1 - A matriz energética brasileira.



Fonte: ANEEL/ ABSOLAR (2019).

A Figura 2 mostra a geração distribuída de energia fotovoltaica nos estados do Brasil, mostrando que Minas Gerais, é quem lidera o Ranking com 21,7% da geração distribuída de todo o país. Isso é mais que toda a geração distribuída da região Norte e Nordeste juntas, que somam 19,4%, mesmo sendo essas as regiões mais propícias para a produção da energia fotovoltaica, visto que quanto mais próxima a região for da linha do Equador, maior será a radiação solar recebida, podendo assim produzir maior quantidade de energia.

Figura 2 - Ranking estadual de geração distribuída nos estados do Brasil (%).

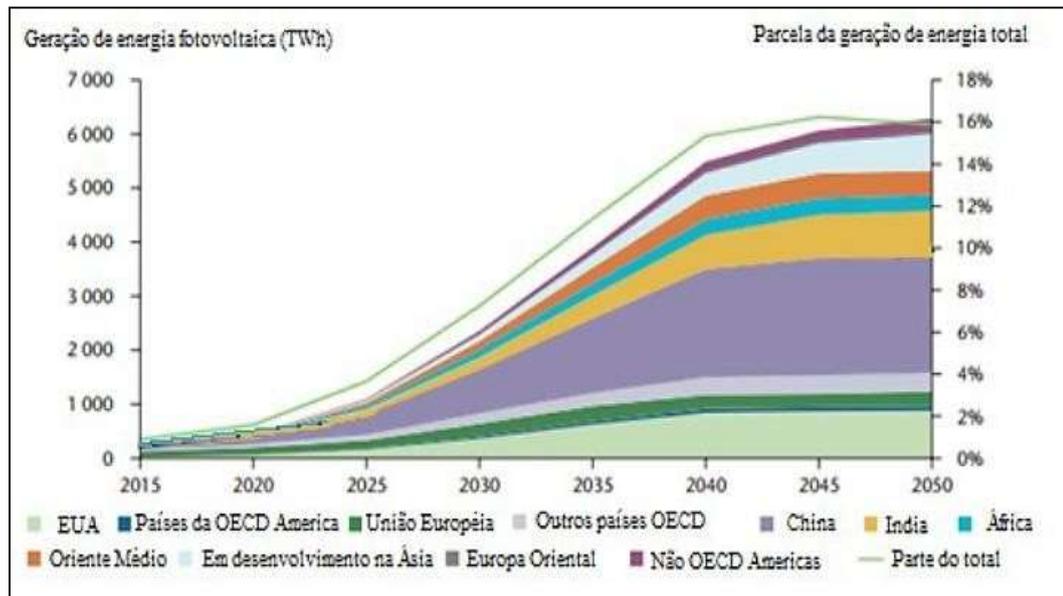


Fonte: ANEEL, ABSOLAR (2019).

### 2.3 Previsão de crescimento e custos

Devido às constantes secas dos últimos anos, crise de energia no setor elétrico, aumento da conta de luz e a demanda pela diversificação da matriz energética no país, o mercado de energia fotovoltaica teve crescimento recorde em 2018 e, em 2019, tem a perspectiva de crescer 300% (PORTAL SOLAR, 2019). Impulsionado pelos avanços da tecnologia e o aumento da escala de produção, os custos da energia fotovoltaica têm diminuído de forma constante ano após ano. A Figura 3 mostra o crescimento esperado da energia fotovoltaica no mundo, até o ano de 2050.

Figura 3 – Previsão da produção de energia solar fotovoltaica até 2050.



Fonte: IEA (2014).

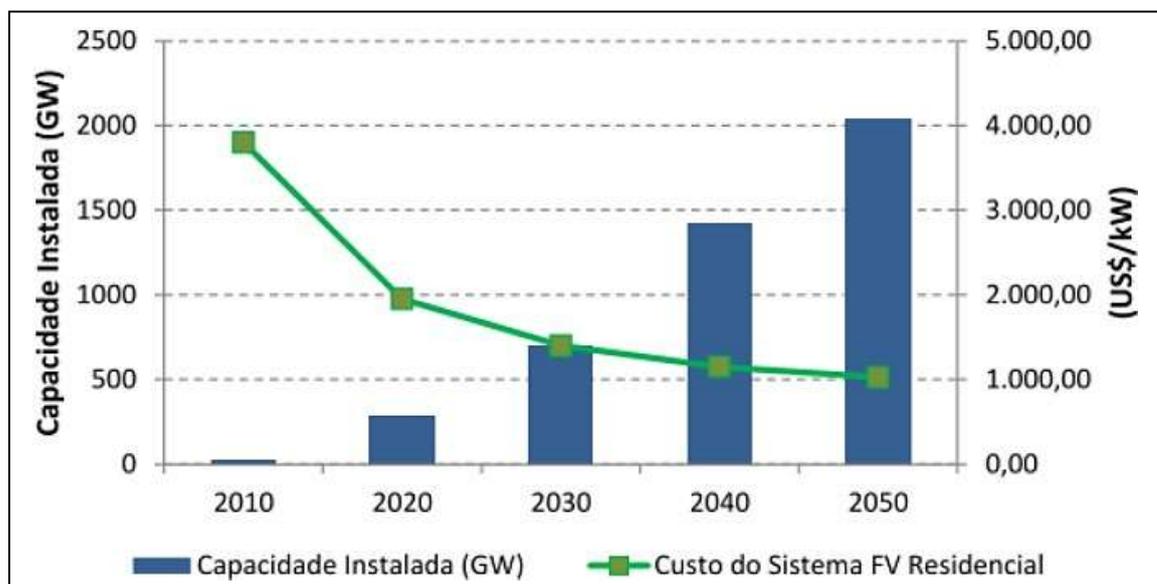
Já na Figura 4, nota-se que do ano de 2013 até o ano de 2018, o preço do MW/h caiu significativamente, cerca de quase 70% do valor que era cobrado em 2013. O esperado é que, com o passar dos anos, com a popularização do sistema, o preço caia ainda mais. O gráfico da Figura 5 nos mostra a estimativa da queda de preço da produção de energia fotovoltaica até o ano de 2050.

Figura 4 - Queda de preço do MW/h de 2013 a 2018.



Fonte: CCEE / ABSOLAR (2019).

Figura 5 - Comparação entre o aumento da capacidade instalada e a redução dos custos até 2050.



Fonte: EPE (2014).

## 2.4 Efeito fotovoltaico

A energia fotovoltaica consiste na transformação da luz solar em energia elétrica, chamado de efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico foi descoberto por Alexandre-Edmond Becquerel em 1839 que, após vários estudos, constatou a presença de uma diferença de potencial nos terminais de um semicondutor quando exposto a luz (PINHO; GALDINO, 2014). Este é o fenômeno físico que permite a conversão da luz em eletricidade no momento em que a luz solar incide sobre uma célula semicondutora com propriedades específicas. Os materiais semicondutores mais simples são constituídos de átomos de apenas um único elemento químico com quatro elementos na camada de valência (CRESESB, 2014). Posteriormente, em 1883, foi produzida por Charles Fritts, a primeira célula fotovoltaica que era composta por selênio, material semicondutor, com uma camada fina de ouro (ABINEE, 2012).

## 2.5 Células fotovoltaicas

As células fotovoltaicas fazem a conversão da energia solar em energia elétrica, ocorrendo assim, o efeito fotoelétrico (CRESESB, 2006). Estas células são compostas de camadas finas de silício cristalino. Podem ser placas de cristais monocristalinos,

policristalinos ou de silício amorfo (CRESESB, 2008).

Para se obter a tensão necessária para a produção de energia é necessária a junção de várias células em série, já que uma célula sozinha tem capacidade máxima de potência de 0,4 Volts. Normalmente são usadas de 36 a 72 células em instalações fotovoltaicas, capazes de liberar uma tensão que varia entre 14 e 30 volts (HUNDER, 2016).

As células fotovoltaicas são compostas de diversos materiais onde se destaca o Silício pela sua predominância na maioria dos sistemas. Existem diferentes tipos de células fotovoltaicas, as principais são destacadas a seguir:

- Células monocristalinas: Constituídas de silício puro, tem uma vida útil de 20 a 40 anos, sua eficiência é em torno de 16 % e é de difícil fabricação;
- Células policristalinas: Constituídas de vários cristais de silício, tendo um custo de fabricação mais baixo que as monocristalinas. Sua vida útil é de 20 a 40 anos e sua eficiência é de 13%;
- Células de silício amorfo: Esse tipo de célula é fabricado em forma de um filme fino e buscam economia de material semiconductor. Tem vida útil de 15 a 25 anos e sua eficiência é de 9% (HUNDER, 2016).

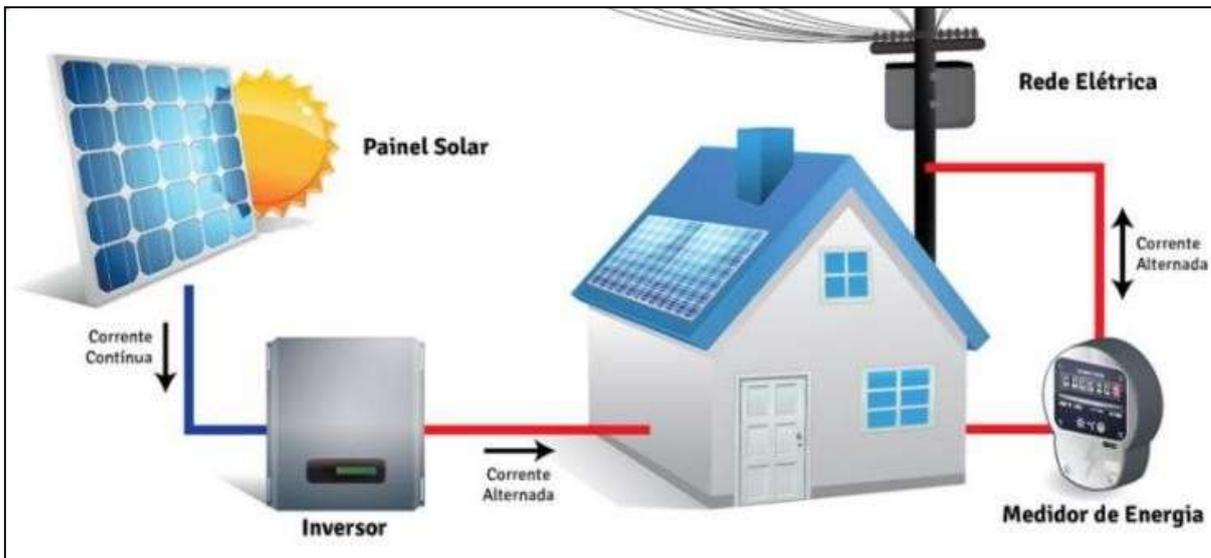
## 2.6 Sistemas fotovoltaicos

Quando se fala de geração de energia solar fotovoltaica, podem ser distinguidas duas possibilidades: sistemas fotovoltaicos On grid e Off grid. No sistema On grid, ou seja, conectado à rede elétrica, Figura 6, a energia é utilizada no local em que é produzida e a energia excedente é injetada na rede de energia elétrica e gera créditos que podem ser usados num momento de falta de produção ou em forma de descontos na conta de luz. A energia que é produzida pelo painel fotovoltaico deve passar por um inversor para transformá-la de corrente contínua (CC), como é produzida inicialmente, em corrente alternada (CA). Também 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 (HUNDER, 2016).

Já no sistema Off grid ou sistema isolado, como mostrado na Figura 7, a geração de energia elétrica também será obtida através da incidência da luz solar nas placas fotovoltaicas, mas nesse caso, esta carga será repassada ao controlador de carga que fará a gestão da carga que irá impedir que as baterias sejam carregadas e descarregadas em excesso,

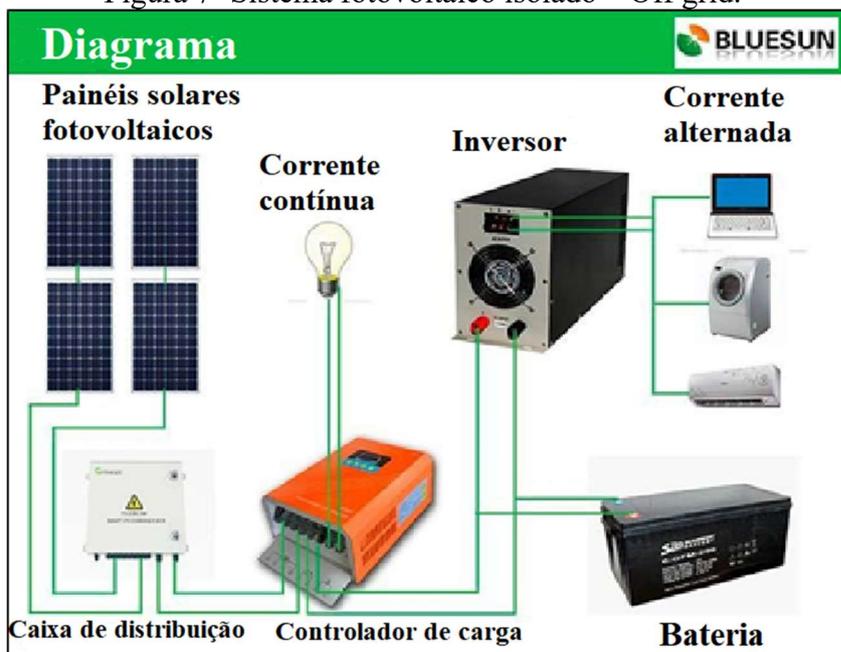
o que conseqüentemente aumentará a vida útil do equipamento (PEREIRA; GONÇALVES, 2008). Nesse sistema haverá um conversor de CC para CA. Pode-se utilizar diretamente a corrente contínua para lâmpadas, por exemplo, ou a energia que passa pelo inversor para que se utilizem equipamentos de corrente alternada. Esse tipo de sistema é comumente utilizado em áreas de difícil acesso à rede elétrica (HUNDER, 2016).

Figura 6 - Sistema fotovoltaico conectado à rede – On grid.



Fonte: Universo Solar (2019).

Figura 7- Sistema fotovoltaico isolado – Off grid.



Fonte: Bluesun do Brasil (2019).

Existem ainda os sistemas híbridos que são compostos de mais de uma fonte de energia, sendo possível alternar a fonte no caso de falta de produção de uma das fontes. Os híbridos mais comuns são entre sistemas fotovoltaicos e eólicos integrados (HUNDER, 2016).

### ***2.6.1 A escolha do painel fotovoltaico***

A escolha do painel dependerá da área ocupada, do tipo de superfície na qual será instalada e também da durabilidade e estabilidade desejada. Vale ressaltar que os painéis são testados a uma temperatura média de 25°C e isso não reflete as condições normais a que esses painéis serão submetidos, portanto é importante que sejam escolhidos painéis com o coeficiente de temperatura mais baixo possível (VIANNA, 2010).

### ***2.6.2 Instalação dos painéis solares***

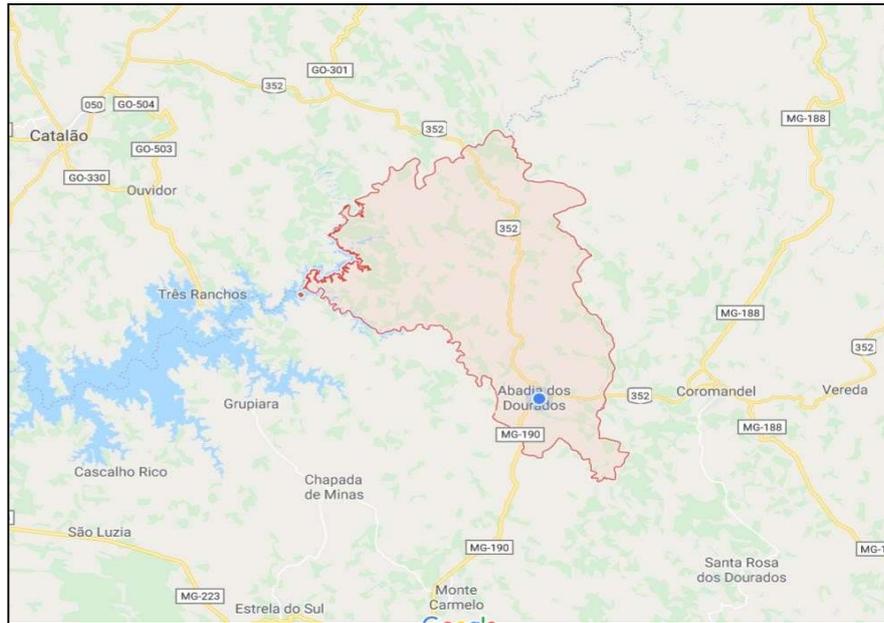
O painel deve ser instalado na direção do Norte geográfico, para localidades que estão no hemisfério sul do nosso planeta. A precisão não é rigorosa e pode ser aproximada. A inclinação do painel não deve ser inferior a 5% para evitar acúmulo de sujeira. Deve ser feita a instalação em local seguro, evitando o acesso de animais e pessoas. Também deve ser evitada a instalação em lugares onde haja sombreamento, mesmo que durante parte do dia, pois isto causa perdas de eficiência e até deterioração acentuada de células. A instalação deve ser feita o mais próximo possível do local de consumo para evitar perda de carga. Os conjuntos devem ser fixados em suportes adequados, sobretudo em telhados, lajes, postes, entre outros, acompanhando a deterioração dos materiais e possíveis danos no decorrer do tempo (PINHO; GALDINO, 2014).

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1. Área de estudo**

O estudo será realizado em uma casa na cidade de Abadia dos Dourados, um município do estado de Minas Gerais com população estimada pelo IBGE em 2017 de 7.059 habitantes, com uma economia baseada na agropecuária e indústrias ceramistas. A Figura 8 mostra a cidade de Abadia dos Dourados, delimitada pelo seu perímetro, dentro do estado de Minas Gerais.

Figura 8 - Delimitação da cidade de Abadia dos Dourados no estado de Minas Gerais.



Fonte: Google Maps (2019).

### 3.2 Objeto de estudo

A cotação de valores para a instalação de um sistema fotovoltaico será realizada baseada no consumo de uma residência, localizada na rua José Silva Ramalho, número 188, bairro Centro, na cidade de Abadia dos Dourados, posicionada na latitude  $18^{\circ}28'23.12''S$ , e na longitude  $47^{\circ}24'13.47''O$ , como mostrado no ponto indicado na Figura 9.

Figura 9 – Localização da residência dentro do município de Abadia dos Dourados.



Fonte: Google Earth (2019).

Trata-se de uma residência de um pavimento com sete cômodos, área construída de 144 m<sup>2</sup>, alvenaria e cobertura executada com tijolos e telhas cerâmicas, respectivamente. Conta, além disso, com quatro moradores que contribuem para definir o consumo energético. Para realizar o estudo, fora analisada a conta de energia referente ao consumo do mês de julho de 2019, como mostrado na Tabela 2, que elenca esses valores.

Tabela 2 - Valores referentes ao consumo energético do mês de julho.

<b>CONSUMO</b>		
<b>MÊS</b>	<b>Quantidade (KWh)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
<b>JUL/19</b>	194	213,57

Fonte: Autor (2019).

Além dos valores referentes ao mês de julho, fora analisado todo o histórico de consumo de energia elétrica da residência durante o período de 01 ano. Os valores encontram-se disponíveis na própria conta da concessionária e estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 - Histórico de consumo de energia elétrica da residência.

<b>HISTÓRICO DE CONSUMOS</b>	
<b>MÊS/ANO</b>	<b>Consumo (kWh)</b>
<b>JUN/19</b>	238
<b>MAI/19</b>	205
<b>ABR/19</b>	212
<b>MAR/19</b>	228
<b>FEV/19</b>	222
<b>JAN/19</b>	272
<b>DEZ/18</b>	207
<b>NOV/18</b>	226
<b>OUT/18</b>	229
<b>SET/18</b>	205
<b>AGO/18</b>	254
<b>JUL/18</b>	220
<b>Média</b>	226,5

Fonte: Autor (2019).

### **3.3 Levantamento de dados**

Para tornar o estudo mais próximo possível da realidade, fora buscado um fornecedor de sistemas solares fotovoltaicos na própria região e levantados os preços para os equipamentos com uma capacidade de produção equivalente ao mês com o maior consumo histórico levantado na própria conta de energia elétrica. Para chegar a uma relação de custo-benefício e no tempo que o sistema leva para justificar o investimento com a produção própria, o valor da instalação e equipamentos será dividido pelo valor normal da conta de energia elétrica, tendo em vista uma média do consumo da residência de acordo com o histórico de cobrança da empresa que fornece o serviço dentro de estado de Minas Gerais.

Com os dados da conta de energia informada anteriormente, a empresa “CICLO ENERGIA FOTOVOLTAICA”, localizada na cidade de Coromandel elaborou um orçamento para a instalação de um sistema de produção de energia fotovoltaica de acordo os dados do histórico de consumo. Para isso é feita uma média de consumo, com o objetivo de dimensionar a geração de acordo com a irradiação de cada mês do ano. Desta forma, o investimento no sistema de geração acompanha o consumo evitando um gasto maior e desnecessário. Entretanto, sempre há períodos em que a geração supera a demanda. Nesses casos, o excedente é lançado na rede da concessionária, e o saldo fica disponível na forma de créditos, usados em períodos em que ocorre o inverso, e a demanda é superior à geração. Os créditos gerados ficam ativos na concessionária por 5 anos. Caso não sejam utilizados, ocorre a prescrição e o proprietário não pode mais fazer uso dos mesmos. Eles também podem ser direcionados para outras unidades consumidoras, desde que estejam registradas no mesmo CPF ou CNPJ.

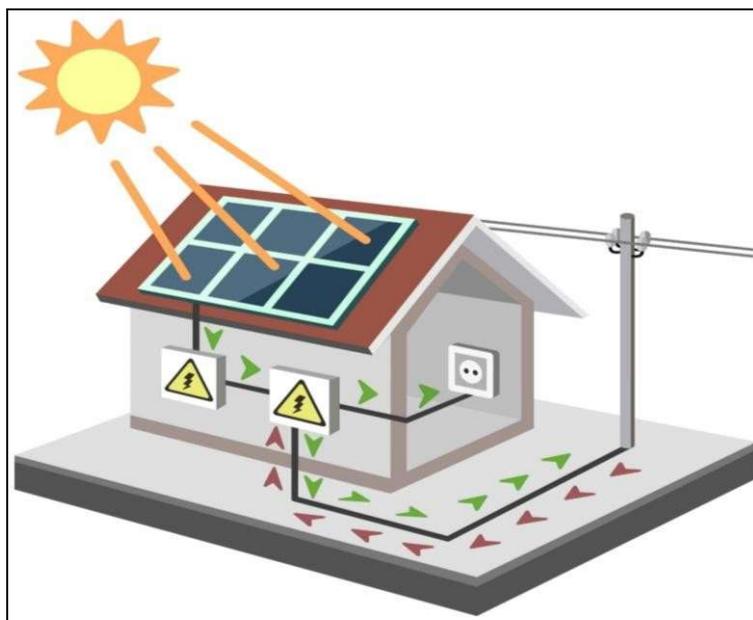
Vale ressaltar que a instalação de um sistema de produção de energia fotovoltaica, ou qualquer outro que seja, desde que esteja ligado à rede da concessionária, não abate integralmente a fatura a ser paga mensalmente. As empresas continuam a cobrar uma taxa de manutenção da rede, garantindo que a residência tenha acesso a energia elétrica, em períodos em que a instalação própria não consegue produzir o suficiente, sendo requisitado o uso da rede da concessionária.

### **3.4. Escolha do sistema**

Para esta simulação fora optado por um sistema On grid, em que os equipamentos e a estrutura de geração fotovoltaica permanecem ligados à rede, para que, desta forma o

excedente de energia produzido seja lançado na rede e os créditos recebidos da concessionária possam ser utilizados em épocas com ocorrência de picos de consumo anormal ou aumento da demanda por algum motivo que possa surgir. A Figura 10 exemplifica o funcionamento desse sistema.

Figura 10 – Sistema de produção On grid.



Fonte: Bluesol (2017).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para suprir a demanda da residência escolhida o orçamento contou com 01 sistema conectado à rede de 1.6 kWp, que significa a capacidade máxima de produção, em kW, no pico da potência, baseado em condições ideais de geração, de acordo com temperatura, irradiação solar, localização, entre outros fatores. Para isso, o sistema conta com 4 painéis solares, 1 inversor e 1 string box CA e CC. Para atingir essa produção, o valor total que precisaria ser desembolsado seria de R\$ 12.540,00, compreendendo tudo que seja necessário para colocar em funcionamento o sistema. Estão inclusos neste valor o projeto de engenharia, com consequente emissão de ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) junto ao CREA, além de todos os materiais, instalação, testes e apoio técnico do pedido de acesso ao sistema da concessionária. A empresa apresentou para o orçamento uma garantia de 25 anos, com geração acima de 80% de eficiência. Embora, segundo ela, haja sistemas em funcionamento há mais de 30 anos, com eficiência acima do valor citado

anteriormente e nas condições mais adversas possíveis. Para o dimensionamento da instalação fora considerada uma perda de produtividade linear de 0,5% ao ano, conforme indicações do fabricante.

Para entender a relação entre o orçamento apresentado e o tempo gasto para realizar a quitação do investimento na implantação de um sistema solar fotovoltaico, definindo a sua viabilidade, fora elaborada a Tabela 4, com maiores informações e a sequência lógica de cálculos. Na primeira coluna temos a indicação dos meses de consumo. Na segunda, temos a quantidade de energia que será requerida mensalmente, considerando para o primeiro mês, um valor de 196,5 kWh (média entre o consumo de cada mês do último ano da residência analisada, descontada a parcela de 30 kWh de pagamento obrigatório para quem faz uso da rede de fornecimento da concessionária).

E, além disto, a partir do segundo ano foi considerado um aumento de 8,5% anualmente na tarifa de energia, sendo este valor de aumento, registrado historicamente na concessionária e dentro do valor permitido pela ANEEL (importante destacar que eventos isolados, como secas severas ou danos graves a rede de geração e distribuição, podem provocar aumentos exorbitantes nos preços praticados). Desta forma, na terceira coluna, é aplicado o custo de 1 real por kWh, em média, considerando impostos e tarifas provenientes de bandeiras em alguns meses do ano, resultando nos valores em reais de kWh consumidos pela residência. Na quarta coluna, temos o somatório mensal de consumo dos meses faturados, até que seja atingido o valor do orçamento apresentado pela empresa.

Tabela 4 - Tempo de retorno do investimento realizado na aquisição do sistema fotovoltaico.

Meses	Energia requerida (kWh)	Valor em reais economizado (R\$)	Valor quitado dos equipamentos (R\$)
1	196,50	196,50	196,50
2	196,50	196,50	393,00
3	196,50	196,50	589,50
4	196,50	196,50	786,00
5	196,50	196,50	982,50
6	196,50	196,50	1179,00
7	196,50	196,50	1375,50

Estudo da viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico...

8	196,50	196,50	1572,00
9	196,50	196,50	1768,50
10	196,50	196,50	1965,00
11	196,50	196,50	2161,50
12	196,50	196,50	2358,00
13	213,20	213,20	2571,20
14	213,20	213,20	2784,40
15	213,20	213,20	2997,60
16	213,20	213,20	3210,80
17	213,20	213,20	3424,00
18	213,20	213,20	3637,20
19	213,20	213,20	3850,40
20	213,20	213,20	4063,60
21	213,20	213,20	4276,80
22	213,20	213,20	4490,00
23	213,20	213,20	4703,20
24	213,20	213,20	4916,40
25	231,30	231,30	5147,70
26	231,30	231,30	5379,00
27	231,30	231,30	5610,30
28	231,30	231,30	5841,60
29	231,30	231,30	6072,90
30	231,30	231,30	6304,20
31	231,30	231,30	6535,50
32	231,30	231,30	6766,80
33	231,30	231,30	6998,10
34	231,30	231,30	7229,40
35	231,30	231,30	7460,70
36	231,30	231,30	7692,00
37	250,96	250,96	7942,96
38	250,96	250,96	8193,92
39	250,96	250,96	8444,88
40	250,96	250,96	8695,84

41	250,96	250,96	8946,80
42	250,96	250,96	9197,76
43	250,96	250,96	9448,72
44	250,96	250,96	9699,68
45	250,96	250,96	9950,64
46	250,96	250,96	10201,60
47	250,96	250,96	10452,56
48	250,96	250,96	10703,52
49	272,30	272,30	10975,82
50	272,30	272,30	11248,12
51	272,30	272,30	11520,42
52	272,30	272,30	11792,72
53	272,30	272,30	12065,02
54	272,30	272,30	12337,32
55	272,30	272,30	12609,62

Fonte: Autor (2019).

Isso reforça o custo-benefício deste tipo de sistema, que, dentro do período de garantia que a empresa oferece, ainda dispõe de mais 20 anos de geração de energia, visto a grande durabilidade e eficiência dos equipamentos utilizados.

Além da relação de custo-benefício apresentada, alguns impostos como ICMS e IPI são isentos para este tipo de equipamento. Na impossibilidade de desembolsar o valor integralmente ou segundo condições da empresa, diversos bancos ainda oferecem financiamentos para aquisição e instalação de sistemas de geração de eletricidade alternativos, como neste caso estudado, a solar. Além da economia e de se tratar de um investimento a médio prazo, esse tipo de instalação reduz a dependência do sistema convencional de geração de eletricidade da concessionária, que conta com fontes poluentes e que causam grandes impactos no meio ambiente. Desta forma, há contribuição para a geração de energia limpa e sustentável.

A geração a custo zero, a partir do momento em que o investimento é pago pela própria economia de energia possibilita que sejam adotadas ainda, medidas que tragam mais conforto para a residência, como uso de equipamentos de ar condicionado e outros eletrônicos com função de lazer e maximização da qualidade de vida, sem representar, aumento substancial no custo de vida.

Para complementar a importância desse tipo de instalação, é preciso lembrar que a luz solar, fonte usada para a geração de eletricidade, chega ao planeta todos os dias em quantidades enormes e de forma gratuita, reforçando o sentido de adotá-la, conjuntamente com outras fontes sustentáveis, como a energia eólica, por exemplo.

## **5. CONCLUSÃO**

Para a residência analisada, a implantação de um sistema solar fotovoltaico mostrou-se uma alternativa com excelente custo-benefício. Para quatro pessoas, em um período inferior a 5 anos, a economia gerada seria suficiente para quitar os equipamentos adquiridos, possibilitando uma economia após esse período, e, excetuando a taxa, de pagamento obrigatório à concessionária, a produção para consumo interno passa a ter custo zero. Os recursos que antes eram alocados com essa despesa, podem ser usados para outros fins. Além disso, protege o consumidor de oscilações no valor da conta de energia, que pode ser influenciada por diversos fatores, como secas severas e aumentos nos custos de produção. Com uma geração de energia de baixo custo, torna-se possível melhorar a qualidade de vida, com a utilização de equipamentos que tragam conforto e bem-estar, além de diversas possibilidades de lazer. Por último, vale ressaltar a facilidade de adquirir e instalar um equipamento para este fim. Existem várias empresas no mercado, que, apenas com os dados da conta de energia fornecida pela concessionária responsável por cada estado, conseguem dimensionar o melhor conjunto para geração de acordo com as necessidades da propriedade.

## **AGRADECIMENTOS**

Este sonho não seria possível sem o trabalho duro e diário de meus pais, que me apoiaram durante toda a graduação e estiveram presentes, acompanhando meu esforço. Além deles, agradeço aos meus amigos, que sempre estenderam a mão nos momentos de dificuldade e me ajudaram quando eu precisei. E, agradeço aos meus professores, sempre ensinado, com disposição e prazer pelo trabalho. Quero deixar, em especial, os agradecimentos para minha orientadora, a professora Lorena, que, com paciência e sabedoria, me guiou na condução deste trabalho.

## 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](http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf) . Acesso em: 23 mai. 2019.

BLUESUN DO BRASIL. **Projetos**. 2019. Disponível em: <http://www.bluesundobrasil.com.br/sistema-energia-solar-off-grid>>. Acesso em: 23 mai. 2019.

CABRAL, I. VIEIRA.R. **Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente**. 2012. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Goiânia, 2012.

CRESESB. **Energia solar: princípios e aplicações**. 2006. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial\\_solar\\_2006.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf)> Acesso em: 23 mai. 2019.

CRESESB. **Potencial Energético**. 2018. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=321](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=321)> Acesso em: 23 mai. 2019.

CRESESB. **Radiação Solar**. 2008. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=301](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=301)>. Acesso em: 20 mai. 2019.

HUNDER. J, 2016. **Utilização da energia solar para a geração de energia elétrica e aquecimento de água em uma residência**. Tese submetida a Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2016.

PACHECO, F. Energias renováveis: breves conceitos. **Revista Conjuntura e Planejamento**, Salvador: SEI, n.149, p.4-11, Out. 2006.

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.

PESSOA, V. S. **Análise do conhecimento e das atitudes frente às fontes renováveis de energia: uma contribuição da Psicologia**. Tese (Doutorado em Psicologia Social) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

PINHO, J.T.; GALDINO, M.A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

PORTAL SOLAR. **Mercado de Energia Solar no Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

REN21. Renewables 2015 - **Global Status Report**. Renewables Energy Policy Network for the 21st Century. 2015.

Estudo da viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico...

SUNLAB POWER. **Energia Solar e Suas Aplicações Sem Segredos**. 2018. Disponível em: <[http://www.sunlab.com.br/Dimensionamento\\_solar\\_fotovoltaico.htm](http://www.sunlab.com.br/Dimensionamento_solar_fotovoltaico.htm)>. Acesso em: 23 mai. 2019.

TOLEDO, O.M. **Desenvolvimento de metodologia para análise decisória de inserção de Geração fotovoltaica distribuída e armazenamento de energia interligada ao sistema elétrico de potência**. Universidade Federal de Viçosa, 2010.

Universo Solar. **Energia Solar Fotovoltaica**. 2019. Disponível em: <https://universosolar.com/energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 30 jun. 2019.

URBANETZ, J. **Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade**. 2010. Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

VIANNA, E. O. **Integração de tecnologia fotovoltaica em edifícios públicos: estudo de caso do Fórum de Palmas - TO**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010.