

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Elisandra Tolentino de Campos

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DA MICROGERAÇÃO
DE ENERGIA ELÉTRICA POR SISTEMA DE PAINÉIS
FOTOVOLTAICOS EM RESIDÊNCIA DE TAUBATÉ/SP**

Taubaté-SP
2017

Elisandra Tolentino de Campos

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DA MICROGERAÇÃO
DE ENERGIA ELÉTRICA POR SISTEMA DE PAINÉIS
FOTOVOLTAICOS EM RESIDÊNCIA DE TAUBATÉ/SP**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização no Curso de MBA em Gerência de Projetos do Departamento de Gestão e Negócios da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof^ª. M^ª. Vilma da Silva Santos

Taubaté-SP

2017

ELISANDRA TOLENTINO DE CAMPOS

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DA MICROGERAÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA POR SISTEMA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM
RESIDÊNCIA DE TAUBATÉ/SP**

Monografia apresentada para obtenção do
Certificado de Especialização no Curso de
MBA em Gerência de Projetos do
Departamento de Gestão e Negócios da
Universidade de Taubaté.

Data: ____ / ____ / ____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a M^a. Vilma da Silva Santos

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. Dra. Rose Lima de Moraes Campos

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. M^o Francisco de Assis Coelho

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. M^a Marlene Ferreira Santiago (suplente)

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, minha amada mãe Ana Benta “In Memoriam” e ao meu grande pai Vicente Tolentino, com muito carinho e apoio me ensinaram a sempre a batalhar e não desistir do meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

A Professora Vilma da Silva Santos pela orientação, seu grande desprendimento em ajudar-me e amizade sincera. Aos amigos Evandro Mello e Eliane Alves pelo incentivo e grande ajuda com o fornecimento de material para a realização deste trabalho.

Os grandes feitos são conseguidos não pela força, mas pela perseverança.

Samuel Johnson

RESUMO

A sustentabilidade é um tema que cada vez mais tem sido abordado, onde seu desenvolvimento deve atender a necessidade do homem sem esgotar os recursos naturais, interagindo com os aspectos econômico, social e ecológico. Dentro deste contexto a energia solar fotovoltaica é o assunto abordado neste estudo, por ser uma alternativa menos agressiva ao meio ambiente, pois consiste numa fonte energética renovável e limpa, uma vez que não é poluente, e é derivada da energia solar. Nesse contexto, realizou-se um estudo de viabilidade, visando mensurar os custos da microgeração de energia elétrica por sistema de painéis fotovoltaicos em uma residência, considerando a Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL e sua versão atual, nº 687/2015. Para tanto, baseou-se em pesquisa bibliográfica exploratória sobre as formas de energia renovável e em uma análise de caso, visando o estudo de viabilidade da instalação de energia fotovoltaica em uma residência na cidade de Taubaté/SP. Concluiu-se por meio dos resultados que as placas fotovoltaicas reduzem significativamente o total de energia consumida pela a residência, e por meio da sua eficiência energética é capaz de reduzir as emissões de CO² para a atmosfera. O estudo de viabilidade econômica do sistema fotovoltaico foi realizado, e após a otimização do projeto, obteve-se um resultado economicamente viável para sua implantação.

Palavras-chave: Viabilidade econômica. Energia Solar. VPL. TIR. *Payback*.

ABSTRACT

Sustainability is a topic that has increasingly been addressed, where its development must meet the need of man without depleting natural resources, interacting with economic, social and ecological resources. In the context, photovoltaic solar energy is the subject addressed in the study, because it is a less aggressive alternative to the environment, because this is an alternative to renewable and clean energy, since it is not polluting, and is derived from solar energy. In this context, a feasibility study was carried out, aiming to measure the costs of microgeneration of electric energy by a system of photovoltaic panels in a residence, considering Normative Resolution 482/2012 of ANEEL and its current version, no. 687/2015. To do so, it was based on an exploratory bibliographical research on renewable energy forms and on a case study, aiming at the feasibility study of the photovoltaic energy installation in a residence in the city of Taubaté/SP. It was concluded through the results that as photovoltaic plates reduce the total energy consumed by a residence, and through its energy efficiency and able to reduce as CO₂ emissions into the atmosphere. The economic feasibility study of the photovoltaic system was carried out, after an optimization of the project, an economically viable result was obtained.

Keywords: Economic viability. Solar energy. VPL. TIR. Payback.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema isolado (<i>Off-grid</i>).....	19
Figura 2 – Sistema conectado a rede (<i>Grid-tie</i>).....	20
Figura 3 – Painel fotovoltaico	22
Figura 4 – Representação de uma célula fotovoltaica.....	22
Figura 5 – Célula de silício cristalino	23
Figura 6 – Modelos de células de silício.....	24
Figura 7 – Painel de silício amorfo hidrogenado	25
Figura 8 – Localização da cidade.....	33
Figura 9 – Tela para iniciar a simulação solar	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Matriz elétrica brasileira.....	14
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Inclinação ideal dos painéis nas capitais brasileiras	26
Tabela 2 – Resultado da simulação	36
Tabela 3 – Fluxo de caixa e <i>payback</i> simples	39
Tabela 4 - Cálculo da Taxa Desconto, Valor Presente Líquido e Taxa Interna do Retorno	40

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo do Estudo	15
1.2 Delimitação do Estudo	15
1.3 Relevância do Estudo	16
1.4 Metodologia de Pesquisa	16
1.5 Organização do Estudo	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 A Energia solar térmica e fotovoltaica	18
2.2 Sistemas de energia solar fotovoltaica	19
2.2.1 Elementos do sistema	21
2.2.2 Composição dos painéis fotovoltaicos	21
2.2.3 Matéria-prima das células fotovoltaicas.....	23
2.3 Dimensionamento do sistema solar fotovoltaico	25
2.4 Vantagens e desvantagens do sistema solar fotovoltaico	28
2.5 Indicadores para análise de viabilidade econômico-financeira de projeto.....	29
2.5.1 <i>Payback</i>	30
2.5.2 Valor Presente Líquido (VPL)	31
2.5.3 Taxa interna de retorno (TIR)	31
3 ESTUDO DE VIABILIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA POR SISTEMA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM UMA RESIDÊNCIA.....	32
3.1 Critério econômico e financeiros	32
3.2 Análise da localização do projeto	32
3.2.1 A localização do projeto	33
3.3 Cálculo da potência do sistema solar	34
3.4 Regularização junto a concessionária de energia	37
3.5 Materiais equipamentos	37
3.6 Tempo de retorno de investimento	38
3.7 Resultados Encontrados	41
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42

REFERÊNCIAS.....44

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais características da sociedade, ao menos sob um ponto de vista prático e material, é o aumento cada vez maior da demanda por abastecimento energético, pois com o crescimento contínuo do consumo de energia à escala mundial associado à natureza finitas dos combustíveis fósseis e a poluição gerada pela queima, tem levado os pesquisadores ao questionamento sobre o atual modelo energético adotado pelo Brasil.

Apesar de sua grande importância, a produção de eletricidade é a principal fonte de poluentes, tendo significativa participação na queima de combustíveis fósseis do mundo, destacando-se o uso do carvão e óleo combustível, que são as fontes fósseis mais poluentes.

Além disso, os resíduos decorrentes da geração de eletricidade também causam prejuízos ao ambiente, como resíduos ácidos de minas de carvão, vazamento de petróleo e rejeitos radiativos.

Assim, o assunto recorrente é a crise energética e a busca por energias renováveis que tem levado ao aumento da procura de um modelo baseado no desenvolvimento sustentável a longo prazo.

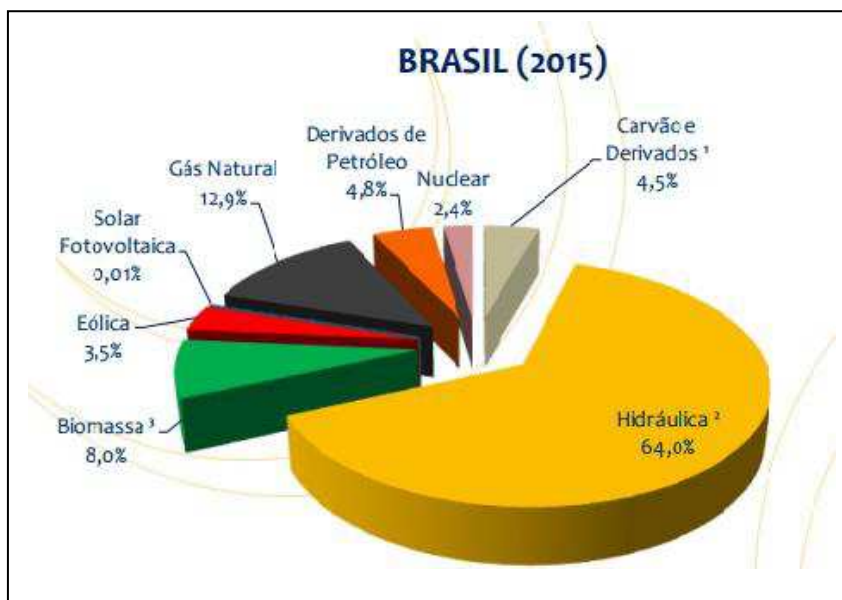
Tem-se observado o interesse crescente por formas de energia mais limpas e renováveis de modo a permitir a satisfação das necessidades energéticas, sem alterar de maneira acentuada as condições de vida no planeta.

A exemplo, a energia solar, é pouco difundida no Brasil, mesmo a matriz elétrica brasileira tendo grande participação de fontes renováveis, há pouco incentivo, mas esse quadro vem sendo revertido de maneira tímida com a Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) n° 482/2012, e atualizada pela resolução vigente n° 687 de 2015, que é uma maneira de incentivar a utilização dos painéis fotovoltaicos no país.

A energia solar é uma das alternativas energéticas mais promissoras do novo milênio, ela é inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de luz e de calor. O sol é fonte de energia renovável, e o seu aproveitamento tanto como fonte de calor quanto de luz, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para o futuro (ANEEL, 2013).

O Gráfico 1 apresenta as principais fontes de energia no Brasil, ou seja, a matriz elétrica brasileira.

Gráfico 1- Matriz elétrica brasileira



Fonte: EPE (2016)

Pode-se observar que a energia solar aparece no Gráfico 1, com a menor porcentagem de sua participação na matriz. É nesse contexto que se insere a energia solar fotovoltaica, que é uma forma de geração de energia capaz de suprir com inúmeras vantagens sobre as formas tradicionais de geração de determinadas necessidades.

Isto é, a Energia Solar Fotovoltaica é o aproveitamento da iluminação natural e do calor para aquecimento de ambientes, denominado aquecimento solar passivo, decorre da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se com isso, as necessidades de iluminação e aquecimento, fazendo um melhor aproveitamento da radiação solar pode ser feito com a energia solar (ANEEL, 2013).

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação eletromagnética sobre determinados materiais semicondutores. Entre esses, destacam-se o efeito fotovoltaico. Os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares (ANEEL, 2012).

Os painéis fotovoltaicos utilizam o princípio fotoelétrico para gerar a energia elétrica; são de fácil manutenção permitem a modularização da geração elétrica, possuem longo período de vida útil e, juntamente com a utilização de baterias,

podem armazenar eletricidade para utilização nos horários de pico, onde as tarifas são mais caras (no caso das tarifas horo-sazonais) (MARINI; ROSSI, 2002).

A energia solar fotovoltaica é um assunto que tem despertado toda sociedade pelo fato que o crescimento do número de habitantes do planeta que na atualidade está acima de sete bilhões, aliado ao consumo intensivo de recursos fósseis evidencia cada vez mais, a natureza finita dos mesmos (MARINI; ROSSI, 2002).

Este crescimento populacional, por um lado gera preocupação acerca do futuro da Terra, levando o nível de investimentos em pesquisas visando a busca de novos meios de geração e produção de energia limpa que exerçam pouca ou nenhuma agressão ao meio ambiente.

1.1 Objetivo do Estudo

Fazer um estudo de viabilidade técnica, econômica e financeira da microgeração de energia elétrica por sistema de painéis fotovoltaicos em uma residência, considerando a Resolução Normativa nº 482/2012, e atualizada pela resolução nº 687 de 2015 da ANEEL.

1.2 Delimitação do Estudo

Este estudo se limita no levantamento de informações sobre a forma de energia renovável, no caso, a energia fotovoltaica na área residencial, com intuito da diminuição dos gastos com energias não-renováveis tais como carvão mineral, o petróleo, o gás natural e a energia nuclear, que em geral são nocivas ao meio ambiente.

Ou seja, o foco do estudo é uma residência unifamiliar na cidade de Taubaté/SP, para adoção do sistema conectado à rede, *Grid-tie*, uma vez, que o local possui acesso à rede elétrica, mas tem a intenção de adotar novas formas de energia visando reduzir parcial ou totalmente o seu consumo.

1.3 Relevância do Estudo

Os contínuos problemas ambientais encontrados na sociedade, tais como: poluição, desmatamento, queimadas, aquecimento global e entre outros, causados pela utilização de energias não renováveis e, aliados ao esgotamento dessas fontes, têm despertado o interesse pela utilização de fontes de energia renovável para reduzir a degradação do meio ambiente.

É nesse contexto, que a energia solar fotovoltaica é vista como opção na busca por alternativas menos agressivas ao meio ambiente, pois consiste numa fonte energética renovável e limpa, uma vez que não é poluente e é derivada da energia solar. Isso torna a energia solar em um fator importante na preservação do meio ambiente, pois tem muitas vantagens sobre outras fontes de energia, como não ser poluente.

1.4 Metodologia de Pesquisa

Este estudo teve a realização da pesquisa bibliográfica exploratória com base em artigos que citam o tema, com o intuito de conhecer os equipamentos e os métodos necessários para caracterizar o funcionamento de um sistema fotovoltaico.

A pesquisa bibliográfica é o passo inicial na construção efetiva de um protocolo de investigação, quer dizer, após a escolha de um assunto é necessário fazer uma revisão bibliográfica do tema proposto. Essa pesquisa “auxilia na escolha de um método mais apropriado, assim como num conhecimento das variáveis e na autenticidade da pesquisa” (LAKATOS; MARCONI, 2003, p. 221).

Realizou-se também um levantamento sobre a Resolução normativa nº 482/2012 da ANEEL, e atualmente a resolução vigente nº687 de 2015, que permite ao consumidor brasileiro a geração da sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade.

Trata-se da micro e da minigeração distribuídas de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e autosustentabilidade.

Em seguida, foi efetuada a análise de caso, com estudo de viabilidade econômica por ser uma ferramenta fundamental do planejamento, pois reúne todas

as variáveis do negócio e fornece os indicadores para que as decisões sejam tomadas, uma vez que são levados em conta três aspectos: técnico, financeiro e econômico.

A análise de caso foi realizada em uma residência na cidade de Taubaté/SP, onde foi feito um simulado do custo do valor a pagar com a utilização do sistema fotovoltaico.

1.5 Organização do Estudo

O estudo está organizado em quatro seções descritas, pelos itens:

Na primeira seção encontram-se a introdução com uma abordagem geral do tema proposto. Com uma contextualização e em seguida são apresentados o objetivo, o objetivo, a relevância do estudo, a metodologia e a organização.

A segunda apresenta a revisão da literatura, com conceitos, informações sobre energia solar fotovoltaica, índices de consumo de energias renováveis e não-renováveis e os sistemas de energia solar fotovoltaica. Em seguida será feita uma análise geral do sistema *Grid-tie* (conectado à rede).

A terceira seção traz o estudo de viabilidade técnica, econômica e financeira do sistema solar, a análise da composição orçamentária da instalação dos painéis fotovoltaicos para geração elétrica em uma residência. Em seguida na quarta seção traz as considerações finais do estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A Energia solar térmica e fotovoltaica

O aproveitamento da energia gerada pelo sol é considerada inesgotável na escala terrestre e é vista tanto como fonte de calor quanto de luz, é na atualidade uma das alternativas energéticas mais promissoras para prover a energia necessária ao desenvolvimento humano.

O fornecimento anual de energia pela radiação solar, para a superfície terrestre, é de $1,5 \times 10^{18}$ KWh e do total da energia produzida no interior do Sol, apenas uma pequena fração chega à Terra (CRESESB, 2006).

É essa pequena fração, que na superfície do Sol é transformada de energia nuclear para energia luminosa, que torna a vida terrestre possível. Essa energia luminosa é composta por pacotes de pequenas partículas que contém energia e denominados fótons (CRESESB, 2006).

A energia chega à Terra nas formas térmica e luminosa e sua irradiação por ano na superfície da Terra é suficiente para atender milhares de vezes o consumo anual de energia do mundo (CRESESB, 2006).

Porém, essa radiação, não atinge de maneira uniforme toda a crosta terrestre, uma vez, que depende da latitude, da estação do ano e de condições atmosféricas, como nebulosidade e umidade relativa do ar (CRESESB, 2006).

O conceito de energia está relacionado com a capacidade de pôr em movimento ou transformar algo. No âmbito econômico e tecnológico, a energia refere-se a um recurso natural e aos elementos associados que permitem fazer um uso industrial do mesmo (ANJOS, 2005).

A energia não é criada nem destruída, é sempre transformada de um tipo em outro ou outros. O total da energia que existe antes da sua transformação é igual ao seu total depois dessa transformação (ANJOS, 2005).

A energia solar térmica é captada por meio de painéis solares térmicos, também chamados de coletores solares. São os sistemas mais simples, econômicos e conhecidos de aproveitar o sol, sendo utilizados em casas, hotéis e empresas para o aquecimento de água para chuveiros ou piscinas, aquecimentos de ambientes ou até em processos industriais. Os painéis são simples e têm a função de transferir o

calor da radiação solar para a água ou óleo que passa por dentro deles para então ser utilizado como fonte de calor (ANJOS, 2005).

Na energia solar fotovoltaica, a conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação eletromagnética sobre determinados materiais semicondutores (ANJOS, 2005).

2.2 Sistemas de energia solar fotovoltaica

Como descrito anteriormente, um sistema de energia solar fotovoltaica é capaz de gerar energia elétrica por meio da radiação solar. Ou seja, a energia solar fotovoltaica é a energia obtida da irradiação solar por meio da conversão direta da luz em eletricidade (conhecido como efeito fotovoltaico), sendo módulos constituintes de células fotovoltaicas, um dispositivo semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão (ASSUNÇÃO, 2014).

Existem dois tipos básicos de sistemas fotovoltaicos: sistema isolado (*Off-grid*) e o sistema conectados à rede (*Grid-tie*) (ANJOS, 2005). A Figura 1 abaixo demonstra o modelo de sistema isolado (*Off-grid*)

Figura 1 – Sistema isolado (*Off-grid*)



Fonte: Neosolar Energia (2017)

Os sistemas isolados são caracterizados por não se conectar a rede elétrica. São utilizados em locais remotos onde não há chegada de energia elétrica ou onde o custo de se conectar a rede elétrica é elevado. O sistema abastece diretamente os aparelhos que utilizarão a energia. A energia produzida é armazenada em baterias

que garantem o abastecimento em períodos sem sol (ASSUNÇÃO, 2014). Já o sistema conectados a rede (*Grid-tie*) está demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Sistema conectado a rede (*Grid-tie*)



Fonte: Neosolar Energia (2017)

Esse modelo de sistema conectado à rede são caracterizados por estarem integrados à rede elétrica que abastece a população e possuem uma grande vantagem com a relação aos isolados por não utilizarem baterias e controladores de carga. Isso os torna cerca de 30% mais eficientes e também garante que toda a energia seja utilizada.

A energia solar fotovoltaica consolidou-se como uma importante fonte alternativa no mercado de energia renováveis, pois tem muitas vantagens que a torna viável, com a sua tecnologia difundida, ambientalmente sustentável e com retorno de investimento atrativo (ASSUNÇÃO, 2014).

Uma das principais características dos sistemas fotovoltaicos é a sua modularidade, o que facilita o projeto e dimensionamento na exata proporção da demanda, e em caso de expansão da carga, é possível aumentar a capacidade de geração simplesmente aumentando proporcionalmente o número de módulos fotovoltaicos (ASSUNÇÃO, 2014).

2.2.1 Elementos do sistema

A pesquisa em se tratando de uma residência unifamiliar o foco do estudo é a adoção do sistema conectado à rede, *Grid-tie*, já que o local possui acesso à rede elétrica e pretende-se reduzir parcial ou totalmente o seu consumo. Para a utilização desse sistema são necessários os seguintes equipamentos (ANJOS, 2005):

- painéis fotovoltaicos;
- inversores; e
- cabos, estruturas de fixação para os painéis e proteções elétricas.

Os painéis fotovoltaicos fazem o papel de coração, “bombeando” a energia para o sistema. Podem ser um ou mais painéis e são dimensionados de acordo com a energia necessária. São responsáveis por transformar energia solar em eletricidade (ANJOS, 2005).

Os inversores transformam a corrente contínua em corrente alternada e ajustam a voltagem de acordo com a necessidade, além de sincronizar o sistema com a rede.

Esse sistema joga a energia excedente na rede e o relógio registra esse excedente como crédito que será compensado pelo consumo durante a noite, dias nublados ou até mesmo nos meses subsequentes.

Para isso, é necessário que a concessionária de energia local faça a troca do relógio por um relógio bidirecional. É como se a rede pública fosse sua “bateria”, recebendo a energia para o uso em outro momento, por isso não são necessárias baterias (ANJOS, 2005).

2.2.2 Composição dos painéis fotovoltaicos

A estrutura dos painéis fotovoltaicos é constituída basicamente de módulos com células fotovoltaicas, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Painel fotovoltaico



Fonte: Energia TecSolar (2017)

A célula fotovoltaica é a unidade básica desenvolvida para realizar a conversão direta de energia solar em elétrica. O módulo é a unidade formada por um conjunto de células solares, interligadas eletricamente com o objetivo de gerar eletricidade. Já os painéis são dois ou mais módulos fotovoltaicos interligados eletricamente, montados de modo a formar uma única estrutura (ANEEL, 2015).

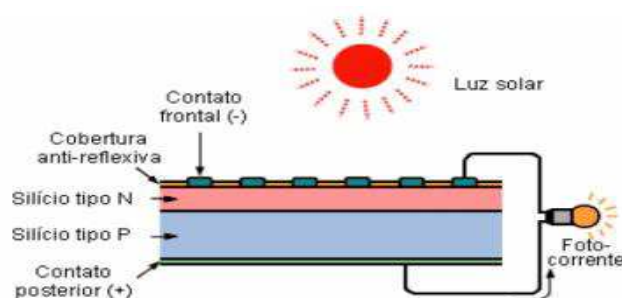
As células fotovoltaicas são dispositivos semicondutores similares a um diodo, capazes de transformar a energia solar luminosa ou outra fonte de luz, em uma corrente elétrica, assim produzindo a energia elétrica.

De acordo com a forma em que os átomos do semicondutor estão estruturados, as células podem ser classificadas em cristalinos (monocristalino, policristalino e amorfos) (ENERGIA TECSOLAR, 2017).

Existem células constituídas tanto por elementos simples (silício, germânio, selênio), como também por ligas e compostos (arsenieto de gálio, sulfeto de cádmio, telureto de cádmio, disseleneto de cobre e índio (PRIEB, 2002).

A Figura 4 mostra a representação de uma célula fotovoltaica.

Figura 4 – Representação de uma célula fotovoltaica



Fonte: Prieb (2002)

A célula de silício cristalino é a mais comum, sendo que aproximadamente 95% de todas as células solares no mundo são de silício (As células solares comerciais ainda apresentam uma baixa eficiência de conversão, da ordem de 16% (PRIEB, 2002).

Existem células fotovoltaicas com eficiências de até 28%, fabricadas de arsenieto de gálio, mas o seu alto custo limita a produção dessas células solares para o uso da indústria espacial (CRESESB, 2006).

2.2.3 Matéria-prima das células fotovoltaicas

O silício ainda é a matéria-prima mais utilizada para a produção das células fotovoltaicas, porém outros elementos também podem ser empregados para a sua produção (PORTAL SOLAR, 2016).

Os avanços nas pesquisas permitiram aos módulos mais flexibilidade, eficiência e durabilidade, e as principais tecnologias que estão disponíveis no mercado são classificadas de acordo com a matéria-prima com que as células são feitas (PORTAL SOLAR, 2016).

O Silício Cristalino (c-Si) é a tecnologia mais tradicional e com maior escala de produção a nível comercial no mercado fotovoltaico. Os painéis solares com células de silício cristalino são normalmente azuis, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Célula de silício cristalino



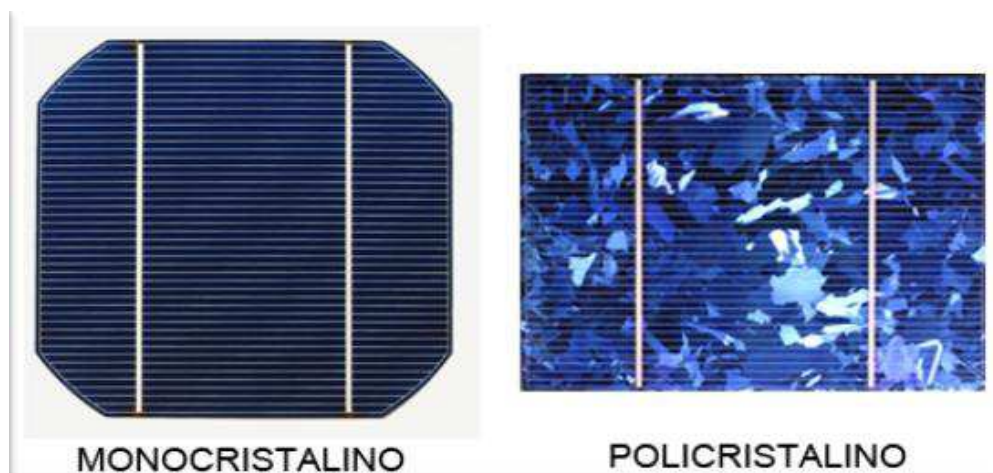
Fonte: Portal Solar (2016)

A cor azul é porque a célula apresenta a melhor eficiência na conversão de energia solar para elétrica, mas já existem fabricantes que produzem painéis

coloridos, como vermelhos ou verdes, com o objetivo de atrair clientes que desejam criar projetos arquitetônicos que primam pela estética.

As células podem ser de dois tipos: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), como pode ser observada na Figura 6.

Figura 6 – Modelos de células de silício



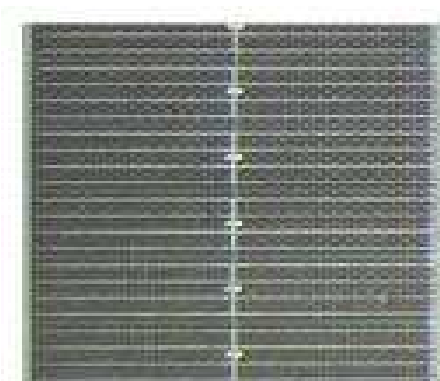
Fonte: Portal Solar (2016)

As células de silício monocristalino (m-Si), são de uma antiga tecnologia fotovoltaica, contudo, são as com maior eficiência em aplicações comerciais. Já as de silício policristalino (p-Si), são formadas por diversos cristais, que são fundidos e solidificados (PORTAL SOLAR, 2016).

Por causa das bordas das partículas dos cristais (mais cristais, logo mais bordas) é que a eficiência das células de policristalino é menor que as monocristalino. Por outro lado, elas custam menos para serem produzidas, exigem menos materiais e energia (PORTAL SOLAR, 2016).

Um outro modelo de células, são as de Silício amorfo hidrogenado (a-Si) (Figura 7), que possuem camadas extremamente finas, muitas vezes tendo não mais do que 0,5 micrometros de espessura com uma estrutura amorfa, o que reduz os níveis de eficiência quando comparado com as células cristalinas. Sua eficiência não passa de 6%.

Figura 7 – Painel de silício amorfo hidrogenado



Fonte: Portal Solar (2016)

O modo de fabricação permitiu o desenvolvimento de módulos solares flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes, com superfícies curvas que aumentam a versatilidade na sua aplicação, principalmente em projetos de integração as construções (PORTAL SOLAR, 2016).

O custo por metro quadrado é, em média, a metade do custo do silício cristalino. Outro diferencial desta tecnologia é que ela não apresenta redução na potência com o aumento da temperatura de operação, o que é uma vantagem em países de climas quentes como o Brasil. Em outras tecnologias, o aumento da temperatura ambiente provoca perdas no desempenho dos módulos (PORTAL SOLAR, 2016).

2.3 Dimensionamento do sistema solar fotovoltaico

Para dimensionar um sistema fotovoltaico conectado à rede são necessários alguns dados básicos da residência como: consumo médio mensal (kWh), tipo de sistema (mono, bi ou trifásico) e local da instalação para obter a irradiação da localidade (PORTAL SOLAR, 2016).

De acordo com a Resolução Normativa nº687/2015 da ANEEL, define que os consumidores ligados à baixa tensão devem pagar uma taxa de disponibilidade que varia em função do tipo de instalação, as taxas de 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico).

A partir desses dados pode ser feita uma estimativa da potência para o sistema, assim como a área que será ocupada e as emissões de CO² que serão evitadas. Essas estimativas podem ser feitas em *sites* na *internet* em que são oferecidos simuladores (PORTAL SOLAR, 2016).

Os equipamentos de alto consumo como chuveiro elétrico requerem muitos painéis e, portanto, devem ser substituídos por outras soluções quando possível. Esse, por exemplo, pode utilizar energia solar térmica, mais eficiente e mais barato para esta aplicação (AMÉRICA DO SOL, 2017).

Com o conhecimento da capacidade do sistema (potência) é possível calcular quantos painéis serão necessários, pois parte-se do consumo de energia em kWh da unidade consumidora, em que o sistema deve ser dimensionado para produzir o máximo de 100% da energia média consumida, pois o consumidor não será remunerado pela produção de energia em excesso. O tamanho do sistema também fica restrito à área disponível para instalações dos painéis (AMÉRICA DO SOL, 2017).

Ao determinar o local da instalação dos painéis, a produção máxima se dará em função da disponibilidade de sol, da orientação e inclinação dos painéis. A melhor orientação é voltada para a linha do Equador (direção Norte, para a maioria dos Estados brasileiros) (AMÉRICA DO SOL, 2017).

A inclinação dos painéis de maior produção é aquela onde a luz incide o mais perpendicular possível ao plano do painel e é função da latitude do local. A inclinação ótima pode variar se houver meses historicamente muito nublados. Portanto, é recomendado uma inclinação mínima de 10° para evitar o acúmulo de água e facilitar a limpeza natural com a chuva (AMÉRICA DO SOL, 2017).

A Tabela 1 indica a inclinação ideal dos painéis na capitais brasileiras.

Tabela 1 – Inclinação ideal dos painéis nas capitais brasileiras

Cidade	Inclinação ideal* dos painéis
Belo Horizonte	20°
Vitória	20°
Rio de Janeiro	23°
São Paulo	24°
Curitiba	25°
Florianópolis	28°
Porto Alegre	30°
Campo Grande	21°
Cuiabá	16°
Goiânia	17°
Brasília	16°
Demais Capitais	10°

* inclinação \approx latitude: máxima produção anual.

Fonte: NeoSolar Energia (2016)

Além da orientação e inclinação, a quantidade de luz recebida também pode ser prejudicada por objetos ou construções próximas ao sistema fotovoltaico, como prédios e árvores, chaminés, antenas e objetos menores devem ser observados e assim, deverá ser feita uma análise de sombreamento para todo o ano, pois o posicionamento do sol altera os ângulos de incidência das sombras, isto é, pequenas sombras podem prejudicar a produção de energia.

Quanto a radiação solar no local, a informação é obtida em um mapa solarimétrico, sendo que um dos mais usados no Brasil foi elaborado pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais.(NEOSOLAR ENERGIA, 2016).

A radiação geralmente é dada em kWh/m²/dia ou HSP/dia (Horas de Sol Pico por dia), que não quer dizer o número de horas de sol em um dia, mas sim, o equivalente a uma hora padrão de 1.000 W/m². No Brasil, a radiação fica entre 4kWh/m²/dia no Sul e 6,5 kWh/m²/dia no interior do Nordeste (NEOSOLAR ENERGIA, 2016).

A quantidade de painéis é determinada de acordo com a energia que se deseja produzir. O arranjo fotovoltaico, a combinação dos painéis em série ou em paralelo deverá ser compatível com o inversor utilizado. Para isso, as especificações técnicas dos painéis e inversores devem ser consultadas de modo a determinar o tamanho e a quantidade das séries de painéis, bem como a quantidade de inversores necessários (NEOSOLAR ENERGIA, 2016).

No mercado há possibilidade de compra de painéis com diversas potências e no exemplo: Uma residência dimensionou seu sistema e o resultado foi a necessidade de 2000Wp de potência para 100% do abastecimento. Sabendo que uma loja vende painéis de 240 Wp, serão necessários nove painéis (NEOSOLAR ENERGIA, 2016).

A área a ser ocupada pelos painéis depende do tamanho e características do sistema bem como da forma como eles deverão ser montados nos arranjos. Um sistema de 1000Wp ocupa uma área de aproximadamente 7m² de painéis. No entanto, se estiverem inclinados sobre uma superfície plana como uma laje, um painel pode fazer sombra o outro e eles deverão ficar afastados, exigindo uma área até duas vezes maior (AMÉRICA DO SOL, 2017).

Atualmente existem dois métodos (direto e indireto) para a captura dessa mesma energia solar. Com o método direto, significa que existe apenas uma transformação entre a energia solar e um tipo de energia que possa ser utilizado

pelo homem (como por exemplo: a transformação da energia solar recebida pelas células fotovoltaicas para a criação de eletricidade ou em energia térmica) (PALZ, 2010).

Com o método indireto a energia solar irá sofrer várias transformações até que surja energia utilizável pelo homem, como por exemplo: os sistemas que controlam automaticamente as cortinas que funcionam de acordo com a disponibilidade da energia solar (PALZ, 2010).

O funcionamento de um sistema de energia solar requer alguns cuidados, assim como alguns materiais essenciais para que toda a transformação seja feita de acordo com a legislação da ANEEL e até com a natureza.

O efeito fotovoltaico dessas células faz com que elas absorvam a energia do sol, fazendo a corrente elétrica fluir entre duas camadas com cargas opostas. Quando as partículas da luz solar (fótons) colidem com os átomos dessas células, provocam o deslocamento dos elétrons, gerando uma corrente elétrica. Isso acontece durante todo o dia, enquanto houver luz solar.

Existem também vários tipos de sistemas, com diversas configurações e até estruturas, que podem ser aplicados, no entanto o funcionamento é quase sempre o mesmo e o objetivo é geral: a captação de energia solar e a sua transformação em energia elétrica, mecânica ou térmica (AUTOSSUSTENTÁVEL, 2016).

2.4 Vantagens e desvantagens do sistema solar fotovoltaico

As vantagens com relação ao meio ambiente é que energia solar é energia limpa, renovável (diferentemente de gás, óleo e carvão) e sustentável, ajudando a proteger o meio ambiente, e, assim não poluem o ar, uma vez que, não lançam dióxido de carbono, o óxido de nitrogênio ou o mercúrio na atmosfera, como outras formas de energia fazem e que acabam por contribuir para aquecimento global, chuva ácida ou mistura de neblina e fumaça (PALZ, 2010).

Além dos benefícios já citados, há relevantes ganhos, como a redução dos gastos na conta de energia, a descentralização na geração de energia, mas o principal é que a energia solar não polui durante seu uso e a poluição decorrente da fabricação dos equipamentos necessários para a construção dos painéis solares é totalmente controlável, os painéis e as usinas demandam manutenção mínima (PALZ, 2010).

Outras vantagens apontadas pelo Portal Energia (2016) é que a energia solar em países tropicais, como o Brasil, a utilização da energia solar é viável em praticamente todo o território, e, em locais longe dos centros de produção energética sua utilização ajuda a diminuir a procura energética nestes e conseqüentemente a perda de energia que ocorreria na transmissão.

Com relação as desvantagens, existe variação nas quantidades produzidas de acordo com a situação climática e a noite não existe produção, as formas de energia solar são poucos eficientes quando comparadas, por exemplo, aos combustíveis fósseis, a energia hidrelétrica e a biomassa, ela não recebe qualquer incentivo econômico, locais em altitudes médias e altas sofrem quedas bruscas de produção durante os meses de inverno (PALZ, 2010).

Além disso, apresenta variação nas quantidades produzidas de acordo com a situação climática como chuvas e neve, pois a menor disponibilidade diária de energia solar não existe produção, o que obriga a que existam meios de armazenamento da energia produzida durante o dia em locais onde os painéis solares não estejam ligados à rede de transmissão de energia (PORTAL ENERGIA, 2016).

As formas de armazenamento da energia solar são pouco eficientes quando comparadas por exemplo aos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), e a energia hidroelétrica (água) (PORTAL ENERGIA, 2016).

2.5 Indicadores para análise de viabilidade econômico-financeira de projeto

A análise de viabilidade econômica e financeira é um estudo que visa medir ou analisar se um determinado investimento é viável ou não. Em outras palavras, a análise de viabilidade econômica e financeira irá comparar os retornos que poderão ser obtidos com os investimentos demandados, para decidir se vale a pena ou não investir.

A realização desta análise se faz importante devido ao fato de ela medir se um investimento trará retorno ou não para o investidor. Com isso, o investidor consegue eliminar projetos em que não compensa investir e direcionar seu esforço e dinheiro para projetos mais promissores.

Para realizar a análise de viabilidade da energia solar fotovoltaica serão analisados o *payback* descontado, o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR) (ABREU FILHO, 2008).

2.5.1 Payback

O *payback* é utilizado para a verificação de quanto um investimento se pagará e trará ganhos efetivos. Abreu Filho (2008, p.78) relata que “o critério consiste em somar os valores dos benefícios obtidos pela operação do projeto. O período *payback* é o tempo necessário para que esses benefícios totalizem o valor do investimento feito.”

Existem dois tipos de *payback*: simples e o descontado. A diferença é que no modelo simples vai somente considerar o valor do que foi investido sem considerar o valor do dinheiro no tempo e no modelo descontado, o valor do dinheiro é levado em conta no decorrer do tempo (BRIGHAM; EHRHARDT, 2006).

O *payback* simples, ou período de *payback*, é o método mais simples para se analisar a viabilidade de um investimento. É definido como o número de períodos (anos, meses, semanas) para se recuperar o investimento inicial (BRIGHAM; EHRHARDT, 2006).

Brigham e Ehrhardt (2006) abordam o *payback* descontado com um método de análise, capaz de evidenciar o tempo necessário para recuperar o investimento inicial. Este método, considera o valor do dinheiro no tempo, pois, utiliza uma taxa de desconto para verificar o número exato de períodos, em que o projeto recupera o valor inicial investido.

Normalmente, essa taxa de desconto usada é a taxa mínima de atratividade, a qual é determinada pelo próprio investidor como parâmetro para remuneração de seu capital.

Neste estudo, será utilizado somente o modelo de *payback* simples para análise da viabilidade econômica.

2.5.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL é uma ferramenta muito utilizada “para análise de investimento de projetos em qualquer nível de organização e que tem basicamente o objetivo de medir o lucro” (ABREU FILHO; 2007, p. 83).

Abreu Filho (2007) cita ainda que:

O VPL é simplesmente a diferença entre o valor presente do projeto e o custo do projeto na data atual. VPL positivo significa que o projeto vale mais do que custa, ou seja, é lucrativo. VPL negativo significa que o projeto custa mais do que vale, ou seja, se for implementado, trará prejuízo (ABREU FILHO; 2007, p. 83).

A indicação de um VPL negativo leva ao gestor do projeto abortar imediatamente o projeto, pois ele não conseguirá pagar o investimento, trazendo prejuízo à organização.

2.5.3 Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é outra ferramenta utilizada pelos profissionais de finanças para analisar a viabilidade de um projeto.

Segundo Gitman (2010),

a taxa interna de retorno (TIR) é uma técnica sofisticada de orçamento de capital; é a taxa de desconto que iguala o VPL de uma oportunidade de investimento a zero (isso porque o valor presente das entradas de caixa iguala-se ao investimento inicial). É a taxa de retorno anual composta que a empresa obterá, se aplicar recursos em um projeto e receber as entradas de caixa previstas (GITMAN, 2010, p. 29).

Assim, a TIR é utilizada para verificar se a taxa de retorno do projeto é melhor do que outros investimentos a uma taxa estabelecida pelo dono do capital a ser investido. Por exemplo, um investimento de capital que dará uma taxa de 10% a.a., o que estabelecerá que a TIR do projeto deve ser maior que 10% a.a. para aceitação do patrocinador.

3 ESTUDO DE VIABILIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA POR SISTEMA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM UMA RESIDÊNCIA

3.1 Critério econômico e financeiros

Entende-se como análise de viabilidade econômica e financeira, os estudos iniciais e análises preliminares para um determinado investimento. Nessa etapa foram realizados a coleta de dados e o processamento das informações da residência em questão.

Em seguida é elaborado o projeto de viabilidade técnico-econômico, que compreende todas as etapas envolvidas para elaboração do projeto, como a engenharia e a localização, bem como os recursos necessários para a implantação do projeto e as informações relativas ao custo do projeto.

Dependendo das características do projeto, diferentes tipos de indicadores de viabilidade econômico-financeira podem ser utilizados. Neste estudo, que objetiva analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica serão analisados o *payback* simples, o valor presente líquido e a taxa interna de retorno.

3.2 Análise da localização do projeto

De acordo com a resolução normativa 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em abril de 2012, e sua versão atual, n.º 687/2015, estabelece o sistema de compensação, no qual o consumidor passa a produzir energia elétrica para a concessionária local e passa a compensar parte de sua energia consumida.

Embora as concessionárias não sejam obrigadas a pagar um valor monetário pela energia excedente de geradores distribuídos, são gerados créditos de energia para que possam ser utilizados nos meses subsequentes pelos consumidores/geradores distribuídos, onde viabilizou a geração distribuída de pequeno porte no Brasil.

O presente estudo analisa a viabilidade de instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede *Grid-tie*, para uma residência na cidade Taubaté, no estado de São Paulo. Para isso, é realizada a análise de viabilidade financeira do sistema de energia solar.

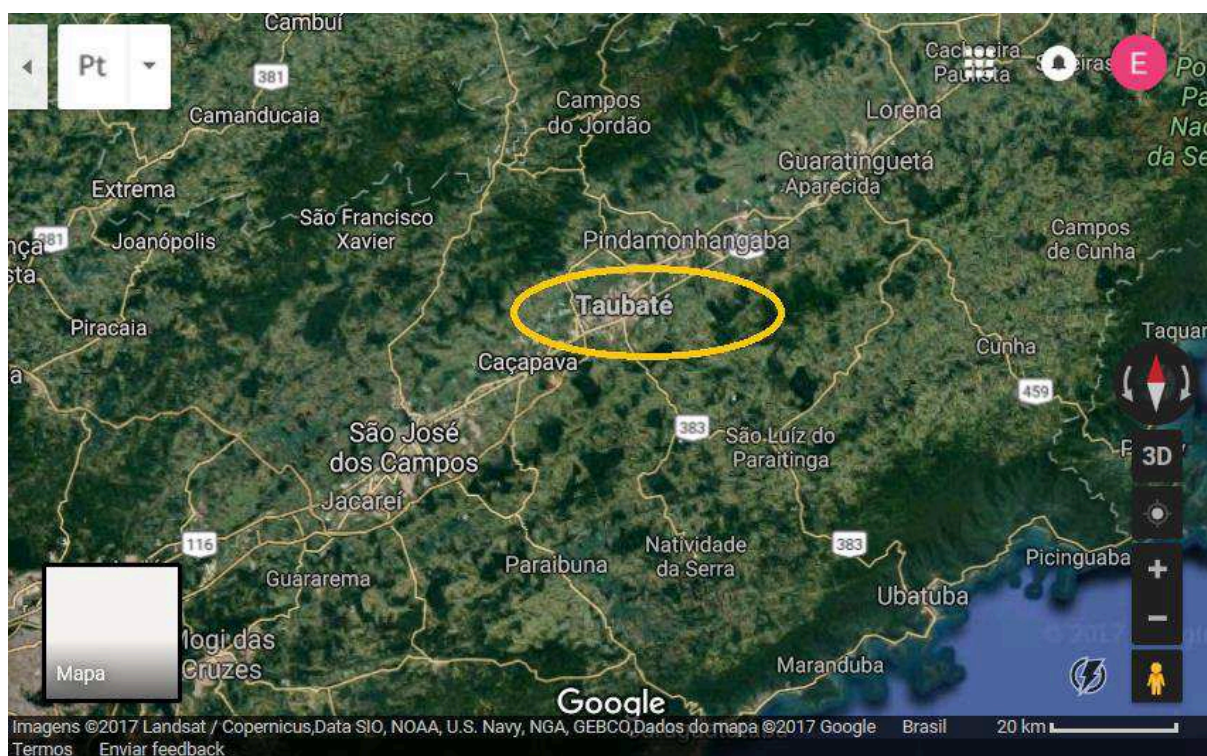
O projeto inicia-se com o estudo da localização da residência, visando levantar dados para avaliação da radiação no local. Para o cálculo da potência será feito uma simulação com valores de consumo de energia elétrica da residência.

Essa simulação fornecerá dados para o dimensionamento; como a capacidade do sistema e a área que será ocupada e assim fazer a previsão dos materiais e equipamentos necessários para instalação do sistema de energia solar.

3.2.1 A localização do projeto

A residência está localizada na cidade de Taubaté, no estado de São Paulo (Figura 8).

Figura 8 – Localização da cidade



Fonte: Google Maps (2017)

Os painéis fotovoltaicos previsto no projeto a serem instalados em uma laje plana e em uma área onde não haverá sombreamento durante o dia e, dessa forma, a área de ocupação da placas fotovoltaicas será de 12 a 16 m².

Neste projeto optou-se pelo tipo de conexão monofásico. As tensões elétricas proporcionadas são de 127V/220V, e a soma das potências de todos os equipamentos ligados à rede pode ser menor ou igual a 75 kW.

Como mencionado a simulação dos valores de consumo de energia elétrica da residência equivale ao consumo médio mensal de 270 kwh, tendo sido apontado pela concessionária de distribuição de energia elétrica, a EDP São Paulo Distribuidora de Energia S.A.

A importância de se analisar o local onde vai ser implantado o sistema solar ocorre por três motivos: i) a irradiação anual será baseada na localidade; ii) avaliação das condições da vizinhança como sobreamentos sobre os módulos fotovoltaicos devidos as árvores ou edificações próximas; e iii) a latitude demonstra a inclinação ideal do painéis fotovoltaicos.

A avaliação de sombreamento deve-se atentar com os terrenos próximos e estejam vazios, pois futuramente pode ter edificações gerando sombra. E, a latitude do local é aproximadamente $-23,02^\circ$ com inclinação ideal para colocação dos painéis fotovoltaicos.

3.3 Cálculo da potência do sistema solar

A etapa do cálculo da potência do sistema de energia solar será feita por meio de um *link* “simulador solar” que se encontra disponível na *internet* no *site* <<http://www.americadosol.org/simulador/>>.

Esse simulador foi criado pelo Instituto Ideal, com apoio da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH e Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) e desenvolvido com o objetivo de facilitar a etapa de cálculo de potência de um microgerador fotovoltaico.

Para dar início a simulação é necessário informar a localização da residência, e o consumo mensal, a partir desses dados é possível obter a radiação do local. A Figura 9 apresenta a tela que se insere os dados para se fazer a simulação solar.

Figura 9 – Tela para iniciar a simulação solar

Simulador Solar

Gere sua própria energia e economize na sua conta de luz.
O primeiro passo é calcular gratuitamente o tamanho do sistema FV para sua casa ou empresa.

Residencia

Pesquisar

São Paulo ▼ Taubaté ▼

270 kWh

210 R\$

Monofásico ▼

BANDEIRANTE ▼

Simular

Fonte: América do Sol (2017)

Para o projeto, os dados coletados que serão considerados são: consumo médio mensal de 270kWh, tipo de conexão monofásico e com valor de pagamento da conta mensal aproximadamente R\$ 210,00.

Por meio do conhecimento do tipo de conexão pode-se estimar o consumo mínimo (custo de disponibilidade) que será pago mensalmente a distribuidora e que varia conforme o tipo de conexão. Ao se inserir o valor da conta é possível analisar o valor do kWh e calcular a economia que será feita de acordo com a potência do sistema.

Após esta etapa, isto é, os dados solicitados já inseridos no simulador solar, a etapa seguinte é obter os resultados da simulação. O simulador considera que os

módulos fotovoltaicos estariam instalados e voltados para o norte e com uma inclinação de 24° para esse local.

O resultado encontrado é dividido em duas partes:

- **Característica do Sistema Fotovoltaico:** é a capacidade do sistema (Potência), a área física que seria ocupada por esse sistema, inclinação aproximada dos módulos, o rendimento anual e as emissões de CO² que seriam evitadas.
- **Consumo elétrico total anual:** mostra o consumo total, o consumo da rede elétrica e a sua geração fotovoltaica.

Para os dados desse projeto, o resultado da simulação solar para essas duas etapas estão demonstradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultado da simulação

Características	Dados
Capacidade do seu sistema	1,8 kWp
Área ocupada pelo seu sistema	De 12 a 16 m ²
Inclinação aproximada dos módulos	24°
Rendimento anual	1.398 kWh/kWp
Emissões de CO ² evitadas	736 kg/a
Consumo Total Anual	3.240 MWh
Consumo de Rede Elétrica	723 MWh
Geração Fotovoltaica	2.517 MWh
Economia Anual com Sistema	R\$ 1.965,60

Fonte: América do Sol (2017)

De acordo com os dados de consumo elétrico informados, um sistema fotovoltaico com a capacidade de 1,8 kWp de potência instalada atenderia o consumo da residência. Os créditos com a EDP São Paulo Distribuidora de Energia S.A., podem ser usados em até 60 meses (ANEEL, 2015).

A área estimada já citada foi para cada 1 kWp instalado para 12m² a 16m². O sistema solar com capacidade 1,8 kWp forneceria em média 209,75 kWh/mês ou 2,517 MWh/ano, sendo a quantidade de eletricidade abaixo do necessário que deve

ser paga a distribuidora, onde seria evitada a emissão de 723 quilogramas de dióxido de carbono (CO^2) por ano.

De acordo com a demanda elétrica que é de aproximadamente 270 kWh/mês ou 3,240 MWh/ano, o consumo de rede elétrica seria maior que o valor da geração fotovoltaica de 2,517 MWh/ano. Somando a energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico com a da rede elétrica, haveria 100% do abastecimento.

Caso haja necessidade de aumento do consumo mensal, o mesmo poderá ser ampliado.

3.4 Regularização junto a concessionária de energia

Para essa etapa é necessário contratar uma empresa que preste esse serviço. Nesse estudo supõe-se a contratação de uma empresa para a regularização junto à concessionária, assim como a instalação e a conexão à rede.

A empresa contratada deve ser qualificada para projetar, instalar e conectar à rede um sistema fotovoltaico cumprindo as regras da Resolução Normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e sua versão atual, nº687/2015 no Módulo 3, Seção 3.7, dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) e as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) aplicáveis e o pré-dimensionamento realizado com o simulador solar.

3.5 Materiais equipamentos

A mesma empresa responsável pelo projeto e a regularização junto à concessionária de energia poderá definir os materiais e equipamentos necessários a serem utilizados. A compra pode ser feita pela própria empresa, mediante a cotação dos produtos, ou pelo próprio consumidor.

Para esse projeto foram definidos os seguintes materiais e equipamentos:

- Potência do Gerador de Energia Solar de 2,37 kWp;
- Nove placas fotovoltaicas de 260W cada;
- Área mínima ocupada pelo sistema 18,94 m²;
- Material elétrico; e

- Medidor bidirecional;

De acordo com empresa Portal Solar (2017), o preço médio para instalação de um sistema fotovoltaico com os equipamentos varia no mercado entre R\$ 14.457,00 e R\$ 17.301,00.

Para as instalações em baixa tensão, como é o caso desse projeto, a medição bidirecional, isso significa que produz a energia que consome também pode ser realizada por meio de dois medidores unidirecionais: um para aferir a energia elétrica ativa consumida e outro para a gerada (PORTAL SOLAR, 2017).

3.6 Tempo de retorno de investimento

O estudo sobre a viabilidade econômica e financeira da instalação do sistema de energia fotovoltaica utilizará de métodos praticados pela maioria dos profissionais da área de gestão econômica e financeira (MACEDO, 2014, p. 56).

No estudo será utilizado o *payback* simples, a TIR e o VPL para análise de investimento do projeto em questão, levando em consideração uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) que será baseada nos ganhos de uma aplicação financeira.

Como o estudo está baseado em um consumidor residencial se adotará uma taxa eu seja dentro deste perfil de consumidor, e que atenda os requisitos mínimos conforme orienta Macedo (2014, p. 63), a taxa de juros auferida no novo projeto deve ser no mínimo a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes seguras e de baixo risco. Enfim, será utilizada a taxa de 6% correspondente a uma aplicação de cardeneta de poupança dos últimos 12 meses.

Para analisar o *Payback* do projeto é necessário aplicar uma tabela demonstrando a depreciação do valor investido *versus* valor economizado na conta de luz. Para melhor entendimento, será apresentado o fluxo de caixa do período em que o projeto estará em atividade.

O sistema fotovoltaico tem uma estimativa de custo para residência estudada de R\$ 17.301,00 (utilizando simulador solar da empresa América do Sol). O período de 25 anos do projeto será referente a garantia que existe das placas fotovoltaica pelo fabricante.

O fluxo de caixa de cada ano será o valor da média do últimos meses (Jan. 2016 a Dez. 2016 gerando o valor de R\$ 210,00) gasto com o fornecimento de energia elétrica pela EDP Bandeirantes.

Será adotado o sistema de *payback* simples, para efeito de estudo como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Fluxo de caixa e *payback* simples

Ano	Fluxo de Caixa	Payback
0	-R\$ 17.301,00	-R\$ 17.301,00
1	1.965,60	-R\$ 15.335,40
2	1.965,60	-R\$ 13.369,80
3	1.965,60	-R\$ 11.404,20
4	1.965,60	-R\$ 9.438,60
5	1.965,60	-R\$ 7.473,00
6	1.965,60	-R\$ 5.507,40
7	1.965,60	-R\$ 3.541,80
8	1.965,60	-R\$ 1.576,20
9	1.965,60	R\$ 1.389,40
10	1.965,60	R\$ 2.355,00
11	1.965,60	R\$ 4.320,60
12	1.965,60	R\$ 6.286,20
13	1.965,60	R\$ 8.251,80
14	1.965,60	R\$ 10.217,40
15	1.965,60	R\$ 12.183,00
16	1.965,60	R\$ 14.148,60
17	1.965,60	R\$ 16.114,20
18	1.965,60	R\$ 18.079,80
18	1.965,60	R\$ 20.045,40
20	1.965,60	R\$ 22.011,00
21	1.965,60	R\$ 23.976,60
22	1.965,60	R\$ 25.942,20
23	1.965,60	R\$ 27.907,80
24	1.965,60	R\$ 29.873,40
25	1.965,60	R\$ 31.839,00

Conforme dados da Tabela 3 verifica-se que o *payback* do projeto de instalação será proporcionado no 9º ano, ou seja, o projeto terá o retorno do investimento somente no nono ano após a instalação.

Depois deste período, conta-se que os demais valores dos próximos fluxos de caixa serão de lucro para o investidor, ou seja, no final dos 25 anos, a implantação do sistema renderá R\$ 31.839,00.

Porém, somente a análise do *payback* simples não fornece condições para a aceitação do projeto por não levar em consideração o valor do dinheiro no decorre

do projeto. Deste modo, deve-se realizar a análise do investimento considerando o valor do dinheiro durante a aplicação do projeto durante os 25 anos .

Para tanto, o cálculo do VPL e da TIR dará condições de se tomar a decisão em aceitar ou rejeitar o projeto. Logo, segundo Macedo (2014 p. 63), a equação do VPL é:

$$VPL = - CF_0 + \sum \frac{CF_j}{(1+i)^n}$$

Na equação acima, fluxo de caixa inicial (- CF₀) representa o investimento inicial realizado no projeto e, por isso, está negativo, seguido pelo somatório dos fluxos de caixa esperado (CF_j) descontando pelo período do investimento.

Mediante o exposto, o VPL será encontrado pelo fluxo de caixa inicial de - R\$ 17.301,00 mais o somatória de R\$ 1.965,60 descontado pela taxa de 6% por 25 períodos (25 anos).

Seguindo com a análise, a equação para se obter o valor da TIR é representada pela seguinte equação segundo Macedo (2014, p. 68):

$$CF_0 \sum \frac{CF_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Onde:

TIR = Taxa Interna de Retorno

CF = Fluxo de Caixa

n = Período do movimento no Fluxo de caixa

Tabela 4 - Cálculo da Taxa Desconto, Valor Presente Líquido e Taxa Interna do Retorno

Taxa de Desconto (i)	VPL	TIR
6,00%	R\$ 7.825,96	10,40%

Após o cálculo, o VPL atingiu o valor de R\$ 7.825,96 representando que o projeto é viável, ou seja, o valor é positivo.

Diante disso, o valor da TIR é de 10,40%, que, conseqüentemente é maior do que a taxa de atratividade do investimento estabelecida de 6%, ocasionando a aprovação do projeto em questão.

3.7 Resultados encontrados

Neste estudo, verificou-se que a adoção da instalação de um sistema fotovoltaico, onde a viabilidade econômica e financeira para este consumidor será favorável, tornado-se uma oportunidade de investimento que poderá gerar benefícios ao longo do tempo.

Por tanto, analisou-se os resultados dos indicadores econômicos para viabilidade do projeto e observou-se os valores estabelecidos com o VPL, atingiu-se um valor positivo de R\$ 7.825,96 e a TIR que gerou-se um valor de 10,40% referente a taxa de atratividade estabelecida de 6% e o *payback* do projeto de instalação proporcionou-se no 9º ano, ou seja, o projeto apresentará o retorno do investimento somente no nono ano após a instalação.

Além dos benefícios ao meio ambiente, onde o sistema fotovoltaico utiliza-se energia renovável, sustentável e limpa, reduzindo as emissões de CO² para a atmosfera e preservando os recursos naturais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ciência, juntamente à tecnologia, emerge como grandes protagonistas no desenvolvimento de novos métodos de se obter energia evitando gastos e a degradação do meio ambiente.

A energia gerada pelo sol, que é inesgotável em escala de tempo, surge como uma das principais fontes de luz e calor para diminuir tal problema, sendo talvez uma das alternativas energéticas mais promissoras.

Em geral, este tipo de energia significa redução de preço, bem como rendimento e confiabilidade. O grande desafio atual é definir as políticas que potencializarão a desejada penetração da energia elétrica fotovoltaica com um custo social aceitável e com um rendimento mais proveitoso.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi a realização do estudo de viabilidade, visando mensurar os custos da microgeração de energia elétrica por sistema de painéis fotovoltaicas em uma residência, considerando a Resolução normativa nº 482/2012 da ANEEL, e sua versão atual, nº 687/2015.

Essa resolução foi o marco regulatório que permitiu aos consumidores realizar a conversão da energia gerada com a da rede elétrica, criando as regras e o sistema que compensa o consumidor pela energia elétrica inserida na rede seja superior à consumida, criando-se “crédito de energia” que não pode ser revertido em dinheiro apenas para abater o consumo futuro de energia elétrica.

Ao realizar o estudo de viabilidade, verificou-se que ele é uma importante ferramenta que faz um planejamento detalhado da realidade de um projeto, pois permite analisar produtos e serviços, rentabilidade real, avalia o mercado e potencialidades do negócio. Um dos focos principais é a gestão de custo.

Baseado no estudo, o cenário de microgeração de energia em residência por meio de painéis fotovoltaicos conectados à rede elétrica, o custo de investimento em energia solar ao longo de 25 anos e dividir esse valor pela energia gerada pelo sistema fotovoltaico, o preço pela energia solar é mais barato que o da rede elétrica, demonstrando que o estudo de viabilidade se fez importante devido ao fato de ela medir a viabilidade do investimento trará retorno ou não para o investidor.

Com isso, o investidor consegue eliminar projetos em que não compensa investir e direcionar seu esforço e dinheiro para projetos mais promissores,

especialmente quando é necessário decidir entre dois ou mais projetos e se tem dinheiro para investir em apenas um.

As energias renováveis representam uma parcela importante para sustentabilidade, reduzindo as emissões de CO². É uma energia ilimitada, bem distribuída, abundante, limpa e renovável.

Ela também traz vantagens como rapidez de implantação e capacidade de se adaptar a sistemas descentralizados e ajustáveis, permitindo acesso à eletricidade para o maior número de pessoas possível.

REFERÊNCIAS

ABREU FILHO, José Carlos. **Finanças corporativas**. 10. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2008.

AMÉRICA DO SOL. **Cartilha educativa sobre eletricidade solar**. 2017. Disponível em: http://www.americadosol.org/wp-content/uploads/2012/04/CARTILHA_FINAL_web.pdf. Acesso em: 13/09/2017.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia solar**. 2013. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf). Acesso em: 30/10/2017.

_____. **ANEEL aprova regras para facilitar a geração de energia nas unidades consumidoras**. 2012. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=5457&id_area=90. Acesso em: 20/09/2017.

ANJOS, Talita Alves dos. **Energia**. *In*: Brasil Escola. Disponível em: <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/energia-1.htm>. Acesso em: 30/03/2017.

ASSUNÇÃO, Hélio Delgado. **Degradação de módulos fotovoltaicos de silício cristalino instalados no DEE - UFC**. Disponível em: <http://www.dee.ufc.br/anexos/TCCs/2014.1/H%C3%89LIO%20DELGADO%20ASSUN%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em: 30/10/2017.

AUTOSSUSTENTÁVEL. **A energia solar no Brasil e seus benefícios**. 2013. Disponível em: <http://www.autossustentavel.com/2013/08/beneficios-energia-solar-brasil.html#ixzz4xBKXnruT/>. Acesso em: 30/10/2017.

BRIGHAM, Eugene F.; EHRHARDT, Michael C. Administração financeira. 10. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

CRECESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Energia solar princípios e aplicações**. 2006. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf. Acesso em: 20/09/2017.

ENEL SOLUÇÕES. **Placa solar para geração de energia elétrica**. 2017. Disponível em: <http://www.ensolucoes.com.br/blog/2016/05/tudo-sobre-energia-solar-como-funcionam-as-placas-solares/>. Acesso em: 29/10/2017.

ENERGIA SOLAR. **O que é a energia solar e como funciona**. 2011. Disponível em: <http://www.energia-solar.com.pt/o-que-e-a-energia-solar-e-como-funciona/>. Acesso em: 13/09/2017

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MACEDO, Joel de Jesus. **Análise de projeto e orçamento empresarial**. Curitiba: Inter Saberes, 2014.

MARINI, José Adriano; ROSSI, Luiz Antonio. **Projeto de sistemas fotovoltaicos para oferta de energia elétrica a comunidades rurais**. 2002. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000200046&script=sci_arttext>. Acesso em: 28/10/2017.

NEOSOLAR ENERGIA. **Energia solar fotovoltaica**. 2017. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/?gclid=Cj0KCQjw4eXPBRcARIsADvOjY2uNs-KBVbzxZHeJE-Y8CN3kqT7fb2Z-zwReg96PhUNvcPpUCWKpyYaAhWWEALw_wcB>. Acesso em: 29/09/2017.

_____. **Projeto: energia solar fotovoltaica**. 2016. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-conectados-grid-tie/projeto>. Acesso em: 29/09/2017.

ENERGIA TECSOLAR. **Plano de energia solar é apresentado ao governo**. 2017. <<http://www.energiatecsolar.com.br/#sthash.tGYZ2iNF.dpbs>>. Acesso em: 10/09/2017.

PALZ, Wolfgang. **Energia solar e fontes alternativas**. Hemus Ltda, 2010.

PORTAL ENERGIA. **Vantagens e desvantagens da energia solar**. 2016. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>>. Acesso em: 01/11/2017.

PORTAL SOLAR. **Energia solar: célula fotovoltaica**. 2016. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html/>>. Acesso em: 11/09/2017.

PRIEB, César Wilhelm Massen. **Desenvolvimento de um sistema de ensaio de módulos fotovoltaicos**. Dissertação para a obtenção do Título de Mestre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de pós-graduação em engenharia mecânica. Porto Alegre, 2002.