

VIABILIDADE ORÇAMENTÁRIA DA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA SOLAR FOTVOLTAICO NA INSTITUIÇÃO DE ENSINO UNIFUCAMP

Kassia Jumi Fortunato¹

Kevin Reiny Rocha Mota²

RESUMO

O trabalho desenvolvido cita informações referentes a um sistema de geração de energia através do uso da radiação solar. É um processo novo e que começou a ser conhecido no Brasil nesta última década, ele nada mais é que, a transformação dos raios solares recebidos nas placas solares fotovoltaicas em energia elétrica. É um método limpo, renovável, eficaz e altamente sustentável. O estudo teve como objetivo a verificação da viabilidade orçamentária da instalação de um sistema solar fotovoltaico numa instituição de ensino superior. Adicionalmente, exemplificou-se os prós e contras de um sistema que gera energia limpa e renovável, e o valor em reais, a ser economizado caso ocorra a instalação deste novo sistema de geração de energia. Analisou-se os dados referentes ao sistema convencional já existente no campus, durante os 8 primeiros meses do ano, e obteve-se qual a potência necessária para que o sistema solar a ser instalado atenda às necessidades da instituição, assim, obteve-se os dados referentes a quantidade necessária de geração de energia e obteve-se a informação, de que ao instalar um sistema de potência 87,1 KWp, o campus possui a possibilidade de crescer cerca de 20% sem a necessidade de aumento nos itens do sistema apresentado. Quanto ao valor orçamentário, a empresa Vision Solar, responsável pelo orçamento apresentado, indica a instalação do sistema, mesmo diante do alto custo inicial de investimento, e com todas as vantagens e desvantagens e ainda devido aos números de economia apresentados ao longo dos 25 anos de vida útil das placas, o sistema gera uma quantia de retorno altamente rentável, o que viabiliza ao centro universitário UNIFUCAMP um investimento cada vez mais especializado nos cursos que são ofertados.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar, Sistema Solar Fotovoltaico, Orçamento.

¹ Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Mário Palmério - UNIFUCAMP

² Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU

ABSTRACT

The work cites information related to a power generation system using solar radiation. A new process that has come to be known in Brazil in the last decade, is nothing more than a transformation of solar rays received on photovoltaic solar panels into electrical energy. It is a clean, renewable, effective and highly sustainable method. This study aimed to verify the budgetary viability of installing a photovoltaic solar system in a higher education institution. Additionally, the pros and cons of a system that generates clean and renewable energy were exemplified, also the value in reais to be saved in case the installation of this new power generation system occurs. Data of the first eight months of the year referring to the conventional system applied on campus were analyzed, and it was obtained the power required for the to be installed solar system to meet the needs of the institution, thus obtaining data for required amount of power generation and the information that by installing an 87.1 KWp power system, the campus has the possibility of growing about 20% without the need to increase the items from the presented system. Regarding the budget, Vision Solar, the company responsible for the budget presented, recommend the installation of the system, even in the face of the high initial investment cost. With all the advantages and disadvantages and due to the savings figures presented over 25 years of the solar plates' lifespan, the system yields a highly profitable return enabling the UNIFUCAMP University Center to make an increasingly specialized investment in the courses offered.

KEYWORDS: solar energy, photovoltaic solar system, budget

1 INTRODUÇÃO

A nossa sociedade como um todo tem como principal base energética, as energias conhecidas como convencionais, que são derivadas do carvão, petróleo, hidrelétricas, e gás natural. Essas fontes convencionais são advindas de recursos esgotáveis, e vem causando na sua grande maioria, impactos ao meio ambiente (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019).

Os modelos energéticos que são baseados em combustíveis fósseis e tem como processo a queima para a obtenção de energia, geram gases poluentes, que são lançados na atmosfera, acarretando o agravamento do efeito estufa e diversos problemas climáticos em outras regiões, além de, alguns questionamentos na área do meio ambiente, pois, utilizam recursos não renováveis. Com isso, dá-se lugar a debates que tem o objetivo e a necessidade de se ampliar a

base energética por meio de fontes alternativas e renováveis (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

As fontes renováveis são aquelas derivadas de processos e recursos naturais, que são reabastecidas de forma contínua, como por exemplo sol, chuva, biomassa, vento. E as fontes não renováveis são aquelas que se esgotam com o passar dos anos, e não são capazes de se renovarem, como os combustíveis fósseis: carvão mineral, petróleo, gás natural (AGENEAL, 2019).

Ainda de acordo com Ageneal (2019), a energia alternativa é o nome dado a energia considerada limpa, que são obtidas através de fontes renováveis, ou seja, que não geram grande impacto ambiental, e é vista como sendo não tradicional nos dias de hoje, devido a dependência econômica dos países não produtores de matérias primas. A energia alternativa, geralmente é utilizada no local onde ela é gerada. Com isso, estima-se que essa energia, gere cerca de cinco vezes mais empregos e postos de trabalho do que na energia convencional.

A fonte de energia mais utilizada nos dias atuais, ainda é derivada do carvão, com uma porcentagem em cerca de 28%. De acordo com dados contidos no site da empresa Ecycle, consumir energia 100% limpa é o meio mais eficiente de compensar a emissão de gás CO₂ produzidos atualmente (ECYCLE, 2019).

Há seis tipos de energias consideradas alternativas, energia oceânica, energia geotérmica, energia de biomassa, energia hídrica, energia eólica e energia solar.

De acordo com a empresa Portal Solar (2019), a energia solar é obtida através dos raios solares, ou calor do sol. Ela pode ser captada para aquecer ar, água ou outros líquidos e pode também gerar energia elétrica através de células fotovoltaicas, ou usinas que estejam instaladas em áreas de muita insolação. Ela demanda o uso de tecnologia para a conversão da energia e viabilização do seu uso.

Devido ao crescente desenvolvimento humano e a grande quantidade de energia consumida atualmente, cria-se a necessidade de propor novos modelos, que busquem eficiência na produção de energia limpa e renovável, e que não prejudique o meio ambiente de forma drástica e irreversível, como pode vir a acontecer, caso esgotem-se as matérias primas das fontes de energias consideradas convencionais.

No Brasil, a forma mais comum de obtenção de energia é adquirida através de hidrelétricas. Com isso, o país já emprega, de certa forma, uma grande quantidade de uso de energia renovável, se comparada aos outros países do mundo. Porém, gera-se pouca energia no país. Em 2009, calcula-se que o Brasil gerou somente cerca de 10% de energia elétrica, isto, em

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

comparação à capacidade de geração de energia dos países desenvolvidos, em torno de 105 GW (VILLALVA, 2015).

A realização desse trabalho justifica-se, na necessidade de implantação de fontes de energia que gerem pequenos impactos ao meio ambiente, e na viabilidade da inserção dessa forma de geração de energia renovável em uma instituição de ensino, com o intuito de criar um incentivo à outras instituições e levar consciência as pessoas em relação a instalação de fontes de energia limpa.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo geral

Tendo em vista que as energias renováveis e alternativas possuem benefícios diversos à população, este estudo procura identificar a viabilidade orçamentária da utilização da energia solar fotovoltaica em uma instituição de ensino, exemplificando os pontos positivos e negativos da instalação dessa fonte de energia alternativa.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Citar vantagens e desvantagens do sistema solar fotovoltaico;
2. Verificar a viabilidade orçamentária da implantação do sistema de energia solar fotovoltaica e o valor gasto em energia gerado por um sistema convencional já existente;
3. Analisar o fluxo de caixa em 25 anos do sistema solar fotovoltaico, e demonstrar o valor economizado nesse período.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos

As primeiras definições de energia, tratam esse assunto como “a capacidade de se realizar trabalhos”. Porém, a definição desse tema é bem mais vasta e extensa, e no seu âmago, relaciona-se com os estados das substâncias e sistemas. Basicamente, entende-se que, a energia é definida como sendo a causa ou resultado da variação de estados e substâncias e sistemas (SILVA, 2014).

Considera-se fonte de energia todas aquelas substâncias capazes de produzir energia, derivadas de processos de transformações, e também, movimento dos corpos ou não. Como por exemplo a biomassa, petróleo, carvão mineral, água de rios e mares, etc (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019).

De acordo com Rosa (2015), a energia pode ser utilizada, mas não consumida. O consumo resulta na destruição do material utilizado para a geração da energia, e o uso demonstra a relação de utilização e conservação daquele material utilizado para a produção da energia, de acordo, com a lei da natureza.

A utilização da energia solar como fonte de geração de energia tem grande importância sustentável. A começar pela diminuição significativa de combustíveis fósseis não renováveis e a emissão de gases tóxicos na atmosfera, até a facilidade de instalação de seus equipamentos em quaisquer locais, sem a ocorrência de desmatamento de grandes áreas e o seu baixo índice de impacto ambiental. É necessária a conscientização da população em relação à utilização desta nova forma de geração de energia limpa, pois, ela possibilita que as futuras gerações não sejam comprometidas seja como ou onde for (SOLAR BRASIL, 2019).

Através de pesquisas feitas por especialistas em clima e atmosfera, considera-se que, o grande aumento no teor de CO₂ obtido hoje em dia, é resultado da queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural...). No ano de 1973 havia uma média de 16 milhões de toneladas de emissão de gases, que se comparado a 2009, teve um aumento de cerca de 80% no seu índice, chegando a aproximadamente 29 milhões. Devido ao grande aumento no número da emissão de Gases do Efeito Estufa (GEEs), e ao consenso de que a temperatura da biosfera vem aumentando gradualmente, não há a comprovação, de que esse aumento, esteja relacionado diretamente ao aumento dos GEEs na atmosfera (SILVA, 2014).

O conceito de energia “limpa” é constantemente vinculado às fontes renováveis de energia, pois, se comparados aos impactos ambientais, produzem pouco ou nenhum tipo de resíduos e emissão de gases poluentes. Ainda assim, se comparada às energias convencionais, os impactos negativos dessas fontes são além de mais limpas, seguras. É visível nos dias de hoje, o aumento progressivo do uso de fontes alternativas de energia em todo o planeta. Isso se dá, devido, aos países que já utilizam esse processo de geração de energia, estimularem as políticas públicas e os investimentos privados a adquiri-los também, gerando um aumento na escala de utilização, e conseqüentemente, diminuindo os custos desta utilização (VILLALVA, 2017).

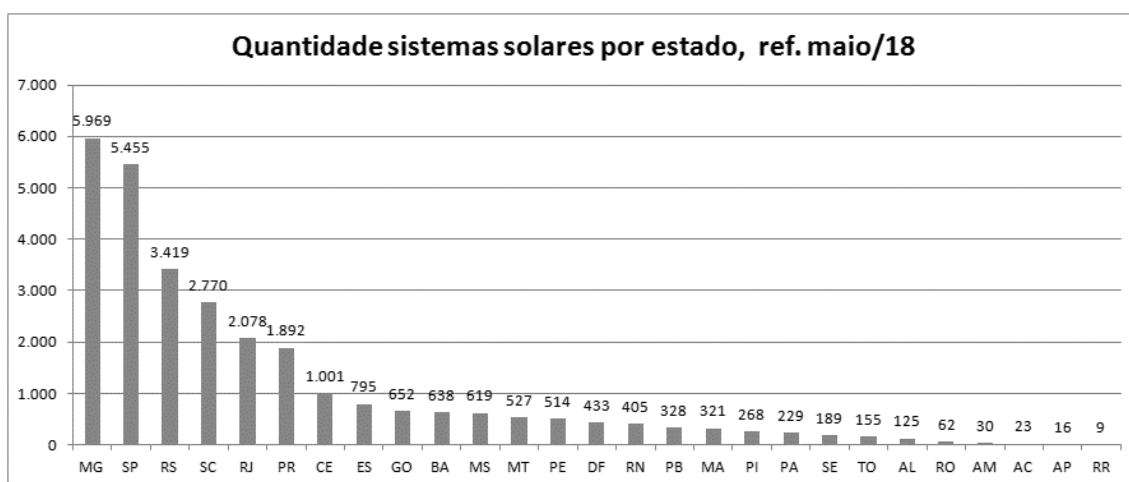
Segundo Villalva (2017) no Brasil, a principal fonte de energia, são as hidrelétricas. Que são um bom exemplo de geração de energia originadas de fontes renováveis. Outro exemplo, seria a utilização de energia eólica que produz no país, cerca de 1GW de energia, e possui potencial

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

para a produção de quase 150 GW. Se somados os potenciais hidrelétricos, eólicos e fotovoltaicos inexplorados no Brasil, o país pode obter um potencial de energia que chegue perto de 600GW de energia elétrica limpa e renovável. O autor ainda cita que o nosso planeta possui como fonte principal de energia, o sol. Sendo ele, capaz de suprir de forma grandiosa as necessidades mundiais da população, no mesmo período de tempo. Mesmo possuindo, um nível muito baixo de utilização dessa fonte de energia natural.

A Figura 1 exemplifica a quantidade de sistemas solares instalados por estados no Brasil no ano de 2018.

Figura 1- Quantidade de sistemas solares instalados por estado no Brasil



Fonte: Luz Solar (2019).

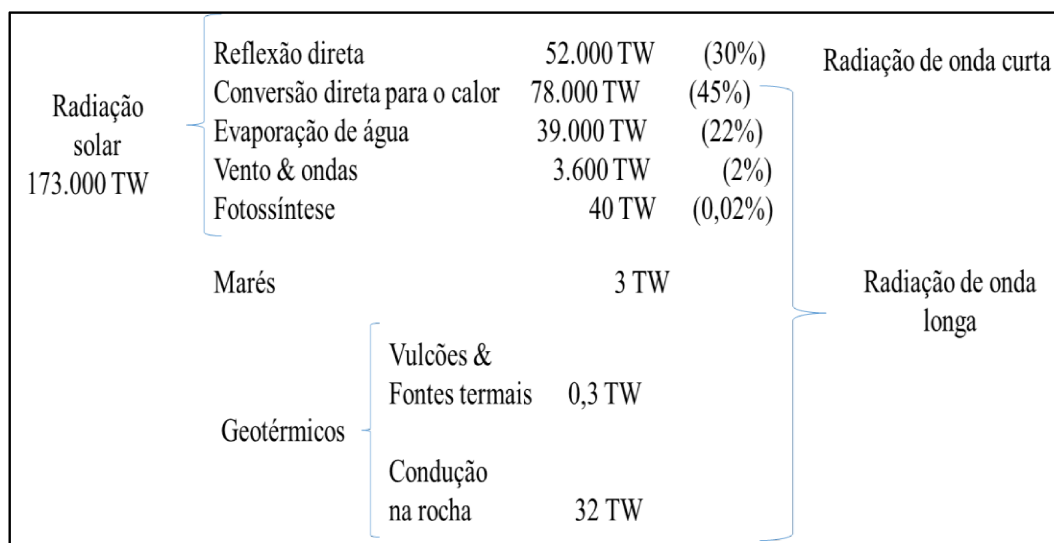
A ABSOLAR (2019), cita que a matriz elétrica brasileira possui cerca de 60% de geração de energia produzida pela rede hídrica, 9% pela rede eólica, 9% através da biomassa, 8% através do gás natural, 5% através do petróleo, 2% através do carvão mineral e somente cerca de 1,5% gerado pela rede de energia solar fotovoltaica, os outros 5,5% são distribuídos em energia nuclear, outros fósseis, importações e undi-elétrica. Com isso, nota-se que no Brasil, é uma país que já possui uma grande utilização de energia limpa em toda sua extensão, porém, esse modelo de geração de energia possui grandes desvantagens, a começar pela grande necessidade de mudanças no seu ambiente físico, devido a extensão necessária para a construção de uma hidrelétrica, mudanças nos cursos d'água, desmatamentos, e etc.

A associação também informa que no ranking estadual de geração distribuída de energia solar fotovoltaica, o estado de Minas Gerais fica em primeiro lugar, seguido por Rio Grande do Sul e São Paulo, com os respectivos índices 241,9 MW cerca de 19,9%, 189,7 MW cerca 15,6% e 156,3 MW cerca 12,9%.

De acordo com Rosa (2015, p.6) a Terra possui uma temperatura relativamente estável devido à entrada e saída de energia no planeta. A entrada de energia é obtida basicamente da radiação solar, em torno de 173.000 TW (173.100×10^{12} W), enquanto a energia das marés possui cerca de 3TW, e as fontes de calor dentro do planeta possuem aproximadamente 32 TW e são em sua maioria advindas de processos radioativos.

Segue Figura 2 demonstrando o equilíbrio energético do planeta e suas porcentagens.

Figura 2- O equilíbrio energético do planeta



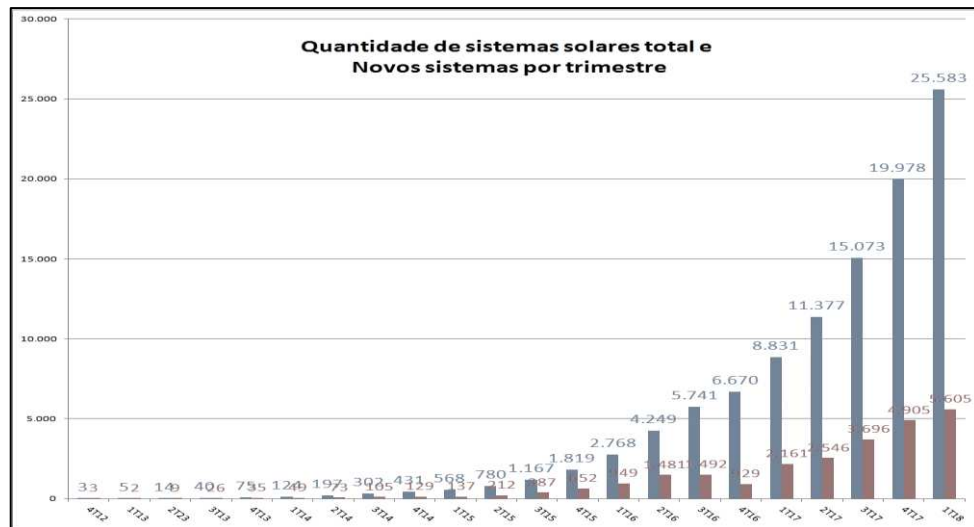
Fonte: Adaptado de ROSA (2015).

Levando em conta todas as pesquisas relacionadas ao tema, percebe-se a grande importância de levar ao público todas as informações obtidas nos estudos que citam energias limpas, com o intuito de incentivar a maior utilização dessa fonte de energia no nosso país, visto que, o Brasil é um dos países que possui grande índice de incidência solar ao longo de todo o ano, porém, somente cerca de 1% da demanda de energia do país, é voltada à geração e à utilização da energia solar.

Abaixo, segue Figura 3 que exemplifica a quantidade de sistemas solares totais e novos que foram instalados de 2012 a 2018 no Brasil, segundo a empresa Luz Solar (2019).

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

Figura 3- Quantidade de Sistemas Solares instalados por trimestre no Brasil.



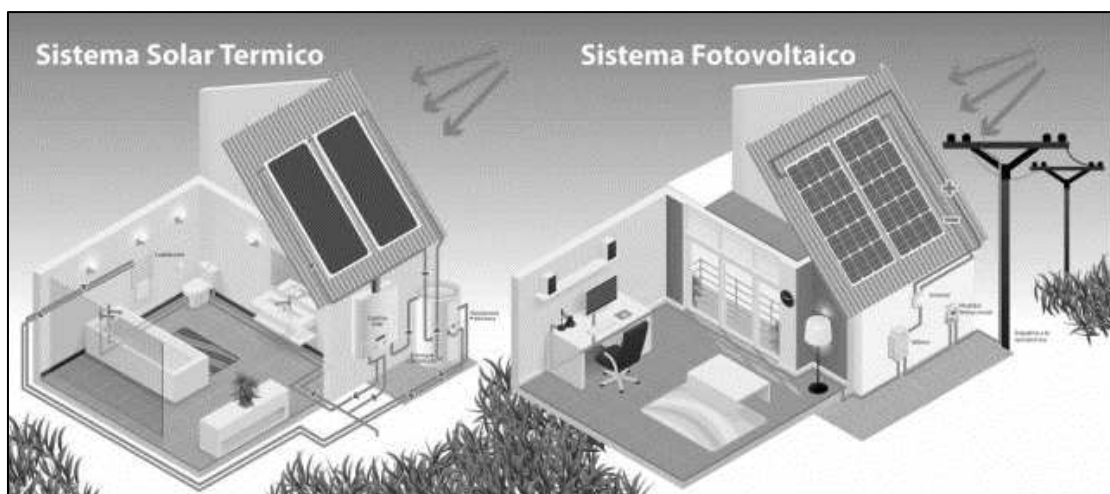
Fonte: Luz Solar (2019).

“A energia solar consiste na energia contida na radiação eletromagnética (infravermelho, visível e ultravioleta) emitida permanentemente pelo Sol, produto de altas temperaturas de sua superfície.” (VILLALVA, 2017).

Ainda de acordo com Villalva (2017) a energia solar pode ser aproveitada de duas formas, sendo: a energia solar térmica, que consiste na utilização da fonte de calor para o uso de aquecimento ou produção de energia, e, a energia solar fotovoltaica, que compreende a utilização da energia solar na conversão direta dos raios solares em energia elétrica.

Segue Figura 4 exemplificando as diferenças entre energia solar térmica e fotovoltaica.

Figura 4- Diferença entre energia solar térmica e fotovoltaica



Fonte: Maytec Soluções (2019).

Para que essas energias possam ser inseridas no dia a dia da população é necessário suprir desafios técnicos, políticos e econômicos. Pois, a sua instalação demanda mão de obra qualificada para a prestação do serviço, políticas que estimulem as pessoas a instalarem esse tipo de fonte de energia em seus estabelecimentos, edifícios e residências, e o próprio governo precisa criar meios de comunicação, onde a população consiga ter acesso a informações sobre a importância do uso de fontes que gerem um impacto menor ao meio ambiente. Acarretando nelas, a necessidade de implantação dessas fontes de energia.

Segundo Villalva (2017) para a ocorrência da inserção de novas fontes de energia em larga escala, haverá a dependência de regulamentações e normas técnicas, e também, ações governamentais que criem linhas de financiamento para gerar os projetos de energia baseados em fontes renováveis, subsídios ou alguma forma de isenção.

2.2 Necessidade de redução ou substituição da fonte de energia dominante

A história mostra que sempre houve e haverá uma fonte de energia que dá referência ou domina o caminho do setor energético. Atualmente, utiliza-se como matéria prima, o petróleo para a geração da energia. Porém, o desenvolvimento tecnológico e as mudanças estruturais econômicas, causam uma certa influência para que essas fontes tidas como *não renováveis* sejam substituídas por fontes de energia que não correm o risco de ser extintas e conseqüentemente, geram um impacto menos significativo no espaço físico (da COSTA; PRATES, 2005).

As energias dominantes sempre passam por um ciclo, que acarretam a substituição de uma ou outra matéria prima, como por exemplo, no período pré-industrial utilizava-se a biomassa (lenha e carvão mineral), eram tidos como sendo um dos únicos meios de se utilizar energia. Posteriormente, no século XIX começa-se utilização dos derivados de petróleo, que, com o crescente desenvolvimento automobilístico e econômico acarreta uma função central do desenvolvimento de energia (da COSTA; PRATES, 2005).

Segundo da Costa e Prates (2005) a substituição do petróleo por outra matéria prima como fator energético, não é tão simples, dado que, o petróleo é uma fonte com alto índice de flexibilidade, e conteúdo energético alto, ele possui também grande facilidade em ser transportado, enquanto, outras fontes podem ter bastante dificuldades no transporte.

Com a utilização frequente de uma fonte de energia que tem como matéria prima um material não renovável, surge no mundo, uma incógnita que causa preocupação. Qual será o material utilizado, caso o petróleo venha a acabar? É através desses questionamentos, que surge a

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

necessidade de pesquisas para a implantação de métodos que sejam menos agressivos ao espaço físico e tragam vantagens tanto econômicas quanto ambientais.

No Brasil, há cerca de 12 (doze) tipos de benefícios que podem ser citados com a destinação de geração de energia elétrica advinda de uma fonte solar, como cita Silva (2015). Podem ser listados como sendo:

- I. Programa Luz para todos (LPT): ocorre a instalação de painéis fotovoltaicos em certas comunidades (depende das características de cada uma) que não possuem acesso à rede elétrica;
- II. Descontos nas Tarifas de Uso do Sistema de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Usos do Sistema de Distribuição (TUSD): se os empreendimentos obtiverem potência inserida menor ou igual a 30.000 KW e começarem a operar na data de 31 de dezembro de 2017, possuíram desconto de 80%, e cai para 50% a partir do 11º ano de operação do empreendimento.
- III. Venda Direta a Consumidores: se a potência injetada for menor de 50.000 KW, pode-se comercializar o uso da energia elétrica sem que ocorra intermediação das distribuidoras elétricas, desde que, a energia seja derivada de geradores de fonte solar ou de alguma outra fonte alternativa;
- IV. Sistema de Compensação de Energia Elétrica para a Micro geração e Mini geração Distribuídas: os empreendimentos que quiserem abastecer a distribuidora em que estão conectados, com a energia que eles produzem, poderão fazê-la caso estes, obedeçam aos critérios definidos pela Aneel (devem possuir potência máxima de 1000KW);
- V. Convênio 101 de 1997, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ): os empreendimentos que geram energia através de placas fotovoltaicas, ou através de fontes eólicas, possuem isenção no imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços;
- VI. Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI): suspende a contribuição do programa PIS/PASEP e COFINS de empreendimentos, caso ocorra venda ou importação de equipamentos utilizados para a construção da infraestrutura, no qual as usinas geradoras de energia solar também fazem parte, e possui destinação ligada aos bens necessários para a manutenção das atividades da empresa, é válido por cinco anos, a partir da habitação do titular do projeto;
- VII. Debêntures Incentivadas: isenção do Imposto de Renda dos rendimentos da Pessoa Física à emissão de títulos de crédito à empresa portadora do empréstimo ou crédito imobiliário, dos certificados de título de renda fixa (CRI) e cotas de emissão de fundos

de investimento em direitos creditórios, que são considerados prioridade pelo Poder Executivo, devido a forma como foi regulamentada;

- VIII. Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS): redução a zero do percentual aplicado para o cálculo do valor de tributos relacionados ao PIS/PASEP, COFINS, IPI e Imposto de Renda;
- IX. Lei da Informática: isenção tributária para produtos de informática e automação, e, para qualquer equipamento que produz a geração de energia elétrica derivada de fonte solar;
- X. Redução do Imposto de Renda: o setor de energia é um dos principais para a redução, setores da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste), SUDAM (Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia) e da SUDECO (Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste);
- XI. Condições Diferenciadas de Financiamento: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO), Fundo Clima (vinculado ao Ministério do Meio Ambiente), Inova Energia e Caixa Econômica Federal (CEF);
- XII. Pesquisa e Desenvolvimento: Arranjos Técnicos e Comerciais de Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Brasileira, Laboratório Fotovoltaica Richard Louis Anderson e Fundo Solar.

Através da variedade de programas de incentivo para a geração e utilização da energia solar fotovoltaica e as pesquisas sobre o assunto, e, também as várias formas de investimentos e/ou financiamentos na área, percebe-se a importância da busca de novos meios de geração de energia limpa, servindo como alternativa que garante a sobrevivência dos recursos naturais do planeta e ao mesmo tempo, permite a sociedade como um todo, soluções tecnológicas e ecológicas para o seu desenvolvimento e das gerações futuras.

Para a empresa o tipo de desconto ideal seria o REIDI, pois ele suspende a contribuição da empresa ou empreendimento no programa PIS/PASEP e COFINS, caso ocorra da empresa comprar ou vender equipamentos que sejam destinados a infraestrutura do local, e por ser um processo de aperfeiçoamento ou melhora na infraestrutura do local, ele se torna adequada.

2.3 Promoção da energia renovável mundialmente

Na última década, tem-se observado através de notícias mundo a fora, a importância da conscientização de toda a população e de seus governantes, em relação as mudanças climáticas

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

que estão ocorrendo diariamente e o aumento do efeito estufa, através da elevada emissão de gases poluentes na atmosfera (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

De acordo com a Revista Estadão (2019), no ano de 1971, foi criado o Fórum Econômico Mundial, que é uma fundação sem fins lucrativos, com sede em Genebra, nos Alpes Suíços, que reúne todos os anos, os principais líderes mundiais, no fim do mês de janeiro, tendo como principal objetivo moldar a agenda futura da globalização. Há uma série de eventos internacionais de caráter ambiental discutindo sobre esse tema, e pode levar à uma significativa reflexão sobre a instalação de fontes renováveis.

Ainda de acordo com a Revista Estadão (2019), no ano de 1992, aconteceu a Conferência Rio-92 que criou a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática que foi o pontapé inicial para que os países se unissem e começassem a discutir e tentar solucionar os problemas causados pela emissão exagerada de gases poluentes. Em dezembro de 1997, ocorreu a Conferência de Kyoto onde os países industrializados e economias em estado de transformação da antiga União Soviética assumiram o compromisso de redução de emissão de gases no intervalo dos anos de 2008 a 2012.

Duas agências trabalham em conjunto com a Organização das Nações Unidas, a ONU Meio Ambiente e a Organização Meteorológica Mundial (OMM). No ano de 1988, juntas, essas agências estabeleceram o Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC), que possuem centenas de especialistas que analisam e fornecem dados referentes as mudanças climáticas, fornecendo evidências científicas confiáveis o assunto. Em 2002, em Joanesburgo, realizou-se a Conferência Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável. (da COSTA; PRATES,2005).

Ainda de acordo com da Costa e Prates (2005), no período de 1º a 4 de junho de 2004, em Bonn, a Conferência Internacional sobre Energias renováveis aconteceu e reuniu 154 delegações de diferentes países. Discutiu-se então assuntos relacionados a política para o desenvolvimento das fontes de energia renováveis, e anunciou-se a expectativa de investimento para os próximos 30 anos, com a intenção de que essa quantia de cerca de US\$ 16 trilhões, possibilite uma parcela maior de investimentos para as fontes renováveis de energia, e acelerem a transição do sistema energético mundial para o desenvolvimento sustentável.

Com a confirmação da entrada da Rússia em novembro de 2004, o protocolo de Kyoto entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005. Com isso, os países que fazem parte do acordo, precisam reduzir cerca de 5,2% da emissão dos seus gases em relação a 1990 (da COSTA; PRATES, 2005).

A delegação brasileira levou uma proposta de participação no ano de 2010, porém, ela foi rejeitada por países que fazem parte da Opep (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) e pelos Estados Unidos, pois propunha que fossem inseridas 10% das fontes renováveis nas matrizes energéticas dos países. Foi proposto então, pelo governo alemão, uma conferência específica dois anos mais tarde, com a finalidade de aprofundar os debates ligados ao tema (da COSTA; PRATES, 2005).

Segundo as Nações Unidas (2018), no ano de 2015, ocorreu a assinatura do Acordo de Paris, onde todos os países concordaram em tentar manter a temperatura em menos de 1,5°C acima de temperaturas pré-industriais. Os países que fazem parte do acordo, concordaram também, em ajudar no impulsionamento de ações climáticas.

Ainda de acordo com Nações Unidas-Brasil (2018), está sendo organizado uma Cúpula sobre Mudanças Climáticas no mês de setembro, a de número 24 (COP 24), com o objetivo de focar em iniciativas práticas para conseguir diminuir e limitar as emissões de gases. Serão discutidas seis áreas de ação: transição para energia renovável, financiamento de ações climáticas e precificação de carbono, redução de emissão das indústrias, uso da natureza como uma solução, cidades sustentáveis e ações locais, e resiliência.

2.4 A energia solar fotovoltaica no Brasil

Há um tempo atrás no Brasil, a energia solar fotovoltaica era empregada somente em áreas onde a instalação de energia elétrica e distribuição não possuísse viabilidade econômica, e eram exclusivas em pequenos sistemas isolados ou autônomos. É bastante comum o uso da utilização de sistemas fotovoltaicos em propriedades rurais, que utilizam esse sistema como forma de eletrificação da área, utilizam também para o bombeamento de água, centrais remotas de telecomunicações, e sistemas de sinalização (VILLALVA, 2017).

A energia solar fotovoltaica pode ser ligada à dois tipos sistemas de energia, ao autônomo, e ao ligado à rede. O autônomo, segundo Rosa (2017) são aqueles em que, a energia gerada pela captação da energia solar nas placas, alimenta diretamente à um banco de bateria, nas quais, são diretamente ligadas aos equipamentos consumidores de energia. E de acordo com Souza (2017) o sistema ligado à rede é composto principalmente pelas placas fotovoltaicas (módulos) e inversores interativos, e, além deles, há os componentes de integração do sistema que são as estruturas de fixação das placas fotovoltaicas e os componentes elétricos de proteção.

Através da resolução nº 482 de 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou o uso de sistemas de geração conectados às suas redes de distribuição, com isso, prevê-se um

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

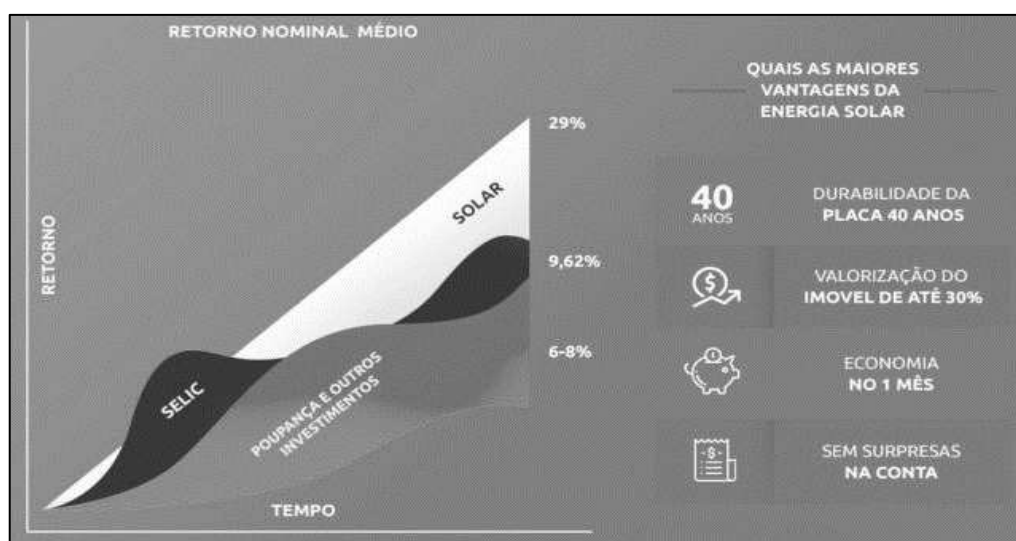
grande aumento no número de instalações de sistemas fotovoltaicos. O projeto estratégico “Arranjos Técnicos e Comerciais para a Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira” possibilitou a criação de usinas experimentais de energia fotovoltaica interligadas ao sistema elétrico nacional, com isso diversas entidades públicas e privadas foram motivadas a implementar usinas solares de grande capacidade energética no país. Nos anos de 2014 e 2015 ocorreram leilões que possibilitaram a compra de eletricidade solar, acarretando assim, a inserção de novas usinas solares (VILLALVA, 2017).

Através da mesma resolução citada acima, tem-se a informação de que os pequenos produtores são autorizados a injetar a produção de energia renovável que eles conseguiram produzir na rede, mas não recebem valor referente ao excedente da sua produção. Elas são transformadas em créditos, que podem ser usadas em até 36 meses após a sua geração (MACHADO; MIRANDA, 2015).

Tem-se conhecimento que o Brasil é um dos países com maior reserva de quartzo de qualidade, e o quarto maior produtor de silício grau solar, que é o material essencial na fabricação das células que confeccionam as placas fotovoltaicas, e captam a radiação solar. Apesar dessas características importantes, sabe-se que o país possui uma capacidade de geração muito pequena, e cerca de 99% dessas instalações são feitas em áreas isoladas, onde não há distribuição de rede (MACHADO; MIRANDA, 2015).

Segundo a Maytec Soluções (2019), a instalação de placas solares fotovoltaicas além de ocasionar diversas vantagens ao meio ambiente, ela ocasiona ao consumidor, um retorno financeiro vantajoso, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5- Retorno Financeiro do investimento da inserção de placas fotovoltaicas



Fonte: Maytec Soluções (2019).

Mesmo com todas as informações referentes ao grande avanço da utilização do sistema solar fotovoltaico no Brasil, e suas inúmeras vantagens, a grande dificuldade de implantação se dá devido ao valor exorbitante da implantação. A região mais propícia a instalação desse sistema é a nordeste, pois, possui um índice de radiação solar elevado, porém, em contrapartida, é a região do país que mais sofre com a pobreza, baixa renda e diversos problemas de infraestrutura. Segundo a Machado e Miranda (2015), a única empresa no Brasil que produz as placas fotovoltaicas é a Tecnometal, porém, ela não produz as células das placas, elas são importadas. Mas, a empresa tem um projeto com a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) que tem o intuito de implantar uma planta piloto para a produção de módulos no país, utilizando matéria prima e tecnologia nacional. Outra universidade que possui planta piloto no Brasil é a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), e produzem módulos que competem entre si.

As placas fotovoltaicas se instaladas de forma adequada e por profissionais capacitados, tem em média de duração de cerca de 25 a 40 anos, se efetuada a manutenção anual correta. Esse sistema proporciona aos consumidores economia a partir do primeiro mês de uso, não gera surpresas na sua conta, e também acarreta uma maior valorização no imóvel, visto que atualmente os profissionais da área de construção civil estão cada vez mais dispostos a utilizar em seus projetos, métodos que não prejudiquem o meio ambiente (MAYTEC SOLUÇÕES, 2019).

No século XXI, a Organização das Nações Unidas (ONU) tem cada vez mais discutido propostas que causem impactos nas pessoas, e estimulem os países a criar programas que diminuam a emissão de gases poluentes na atmosfera, e se preocupem com as mudanças climáticas que vem aparecendo durante os anos. É importante que as pessoas tenham consciência dos problemas climáticos que estão ocorrendo pelo mundo.

De acordo com Machado e Miranda (2015) em agosto de 2014, na cidade de Tubarão em Santa Catarina (SC), foi construída a maior usina solar do Brasil, denominada de “Usina Solar Cidade Azul” ela possui uma capacidade de geração em torno de 3MW (megawatts), possui cerca de 19.424 painéis compondo o sistema, e produzem uma porcentagem aproximada de 25% de toda a geração de energia solar do país. Houve um investimento em torno de 30 milhões de reais para a inserção dessa usina. Ela foi desenvolvida pela empresa “Engie Brasil Energia”, conhecida anteriormente por “Tractebel Energia”, maior geradora privada de energia no Brasil e tem sede na cidade de Florianópolis desde o ano de 1998 e uma universidade da região UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina).

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

É claramente perceptível, que mesmo com elevados investimentos na área de energia solar, o Brasil possui grande parte da sua geração de energia gerada por usinas hidrelétricas. Levando em consideração o elevado índice de radiação solar que o país recebe anualmente, cresce cada vez mais a necessidade de inserção de métodos que visem evitar riscos a população, cause menos prejuízos ao ecossistema, e possua preocupação com a sustentabilidade do planeta. De acordo com as várias pesquisas feitas em todo o país sobre o tema, tem-se conhecimento através de dados, que comprovam que a inserção de um sistema solar no Brasil é viável e possui excelente potencial útil de utilização.

2.5 Potencial de utilização

O Brasil é um país considerado privilegiado, devido a insolação que ele recebe em todas as regiões. As regiões com maior aproveitamento solar, são a Nordeste e Centro-Oeste, entretanto, as outras regiões não ficam muito atrás. A região que menos recebe sol, se comparada as outras do Brasil, é a Sul, mas, ainda possui recebimento de mais energia solar que em certos países que empregam em larga escala a energia fotovoltaica. De acordo com a quantidade territorial do país, e as taxas elevadas de irradiação, o Brasil possuem um potencial para geração de energia dez vezes maior do que a Alemanha, que é o país que mais utiliza energia fotovoltaica no mundo. Eles possuem capacidade de geração de 20 GW, constituindo em média 5% de quase toda a energia que é gerada naquele país (VILLALVA, 2017).

Segundo Villalva (2017) a Alemanha recebe uma quantidade aproximada de 3500Wh/m² (whatt-hora por metro quadrado) por dia, em uma única região, a Sul, enquanto as outras regiões não conseguem atingir esse valor. O Brasil em contrapartida, apresenta valores de irradiação solar diários de 4500 Wh/m² e 6000 Wh/m², o que resulta em quase o dobro da quantidade máxima que a Alemanha recebe.

O sistema fotovoltaico pode ser instalado em qualquer local onde haja disponibilidade de instalação de um painel fotovoltaico. Esses painéis necessitam estar orientados para o ângulo onde receba mais irradiação solar, pois assim, ele conseguirá gerar a energia suficiente para atender a residência edifício ou local onde ele se encontrará instalado. É necessário por sua vez, que a estrutura suporte o peso dos painéis, sem que ocorra possíveis danos a estrutura, caso contrário, ele não se torna viável (VILLALVA, 2017).

Esse tipo de sistema não necessariamente reduzirá os gastos de imediato, leva-se um tempo para que ele seja aceito e possa proporcionar um retorno considerável, tendo em vista, que todo e qualquer projeto necessitará de planejamento adequado, orçamento definido e disponível, e

uma empresa capacitada para que a realização deste seja efetuada de forma vantajosa a ambos. A necessidade de pesquisas de custo, utilização e viabilidade dessa instalação, são imprescindíveis, devido ao seu alto custo de investimento. É importante lembrar que esse sistema é relativamente novo no Brasil, mas possui grande relevância no âmbito ambiental, devido a utilização de um meio totalmente renovável, limpo e que reduz significativamente os impactos no mundo como um todo (ROSA, 2015).

Atualmente, o maior produtor de energia fotovoltaica no mundo por países é a China, que fica responsável pela produção de cerca 40% da energia mundial e a Alemanha é considerada a maior produtora de energia solar fotovoltaica por habitantes do mundo (ABSOLAR, 2019).

2.6 Componentes Do Sistema De Energia Solar Fotovoltaica

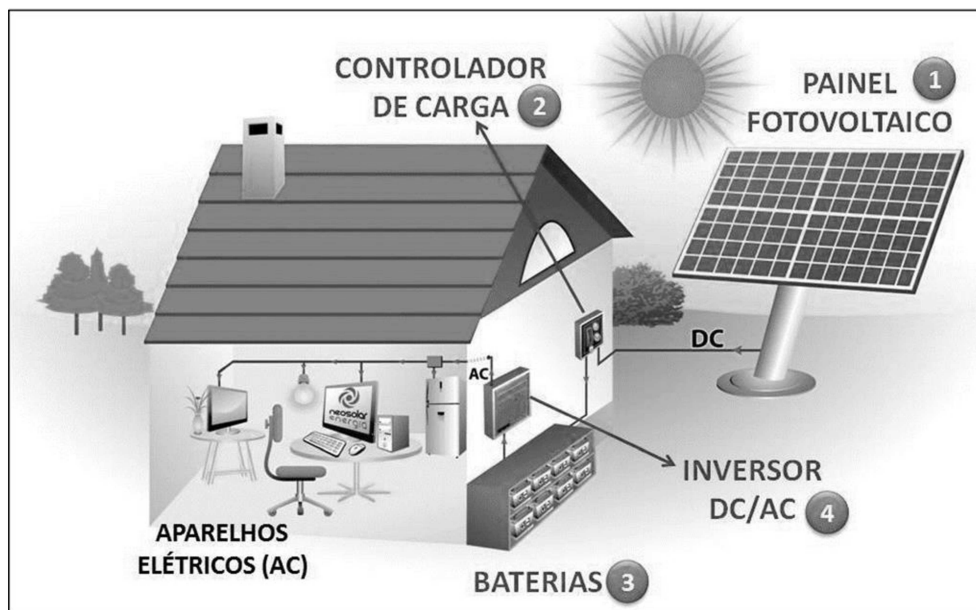
A Neosolar (2019), empresa especializada em sistemas solar fotovoltaicos, residenciais ou empresariais, na cidade São Paulo (SP) cita os quatro componentes básicos do sistema:

- 1- Painéis solares: os principais elementos do sistema de geração de energia e definem a porcentagem de eficiência do sistema;
- 2- Controladores de carga: são consideradas “válvulas” do sistema, e tem como função evitar sobrecargas ou descargas extremas nas baterias;
- 3- Inversores: chamando de “cérebro” do sistema, é o elemento que transforma a corrente contínua (CC) em corrente alternada (AC ou CA);
- 4- Baterias: é o elemento que armazena a energia, para que ela seja utilizada em dias onde não se obteve raios solares, devido ao mau tempo.

A empresa explica também, que num sistema isolado há a necessidade de baterias e controladores de cargas, como exemplificado na Figura 6.

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

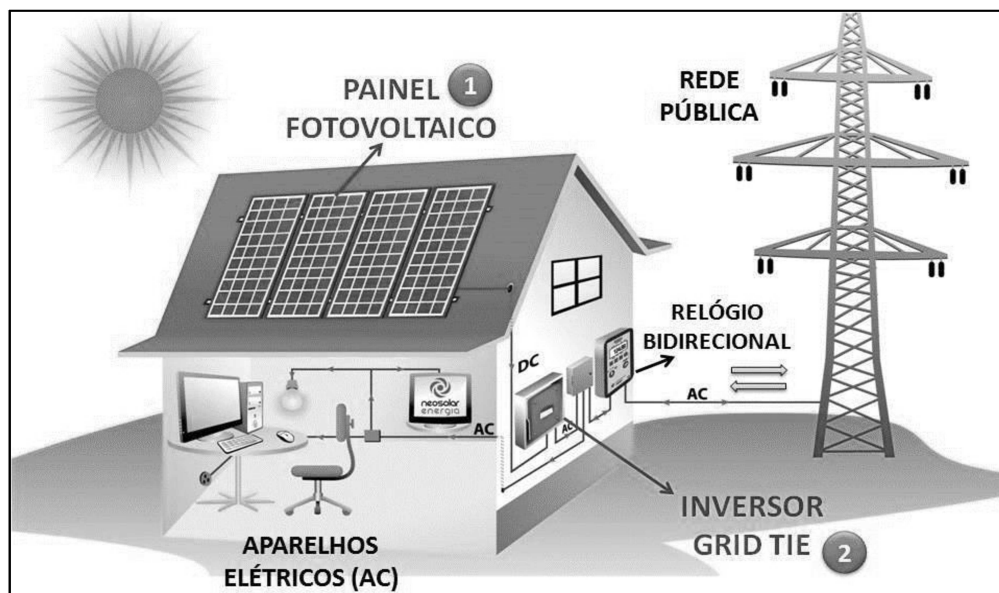
Figura 6- Sistema Solar Fotovoltaico Isolado (*Off-grid*)



Fonte: NEOSOLAR (2019).

Já o sistema solar fotovoltaico ligado à rede, podem funcionar apenas com os painéis e inversores, como é exemplificada na Figura 7.

Figura 7- Sistema Solar Fotovoltaico Ligado à Rede (*Grid-Tie*)



Fonte: NEOSOLAR (2019).

3 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, o modelo de pesquisa utilizada é a exploratória, que busca explorar informações com o propósito de obter uma maior interação entre o autor e o tema pesquisado, e tendo como forma de demonstração de dados um estudo de caso, que mostrará quais são as vantagens e desvantagens da instalação de um sistema solar fotovoltaico numa instituição de ensino, haverá a verificação da viabilidade orçamentária da implantação do novo sistema e o valor gasto em energia através do método convencional, além da análise do fluxo de caixa em 25 anos do sistema solar fotovoltaico.

A abordagem é feita de forma quantitativa em sua grande maioria, pois, demonstra através de dados numéricos quais os valores referentes a viabilidade da implantação e manutenção deste novo sistema, e também de forma qualitativa, pois, descreve vantagens e desvantagens do sistema. O procedimento utilizado será a pesquisa de campo, que buscará coletar dados com uma empresa da cidade, a fim de expor numericamente dados que mostrarão a economia que ocorrerá caso seja instalado esse sistema, e acarretará também, a possibilidade de realização de um comparativo de gastos entre o sistema que já vem sendo empregado e o novo, conseguindo assim, verificar a viabilidade de troca ou conservação do sistema que já possuem.

3.1 Comparativo de custos de energias produzidas de diferentes fontes alternativas de energia

Rosa (2015) diz que, para permitir uma comparação dos custos de energias produzidas de diferentes fontes alternativas, o Departamento de Energia dos Estados Unidos recomenda um método padrão para o cálculo do custo de investimento de capitais, ele usa como exemplo a expressão para o custo de um empréstimo de capitais em que as prestações precisam ser divididas em valores iguais, sendo N o número de prestações, o valor do empréstimo de \$1,00 com a taxa de juros X e P para o pagamento mensal. Ao final do primeiro mês tem-se a Equação 1.

$$1 + X - P \tag{1}$$

Ao final do segundo mês obtêm-se a Equação 2.

$$(1 + X - P)(1 + X) - P = (1 + X)^2 - P(1 + 1 + X) \tag{2}$$

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

No terceiro mês segue-se a Equação 3.

$$[(1+x)^2 - P(1+1+x)](1+X) - P = (1+x)^3 - P[1 + (1+X) + (1+x)^2] \quad (3)$$

E após N meses, a quantidade que se deve é igual a zero, ou seja, o empréstimo foi quitado.

Com isso, tem-se a seguinte Equação 4.

$$(1+X)^N - P[1 + (1+x) + (1+x)^2 + \dots + (1+X)^N] = 0 \quad (4)$$

Através de uma tabela gerada pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, Rosa (2015) exemplifica-se o custo de eletricidade nivelado, com estimativa para o ano de 2016, onde é citado todos os tipos de matérias primas capazes de gerar energia elétrica.

A Tabela 1 mostra as informações citadas acima.

Tabela 1- Custo de eletricidade nivelado. Estimativa para o ano de 2016 no EUA

TIPO DE USINA	FATOR DE CAPACIDADE	Custo nivelado nos EUA (centavos/kWh)				
		CAPITAL	O & M ¹ FIXAS	O & M ¹ DE COMBUSTÍVEL	INVESTIMENTO DE TRANSMISSÃO	ENERGIA ELÉTRICA
Carvão convencional	85	6,53	0,39	2,53	0,12	9,48
Carvão avançado	85	7,46	0,79	2,57	0,12	10,94
Carvão avançado + CCS ²	85	9,27	0,92	3,31	0,12	13,63
Abastecimento com gás natural						
Convencional CC ³	87	1,75	0,19	4,56	0,12	6,61
Avançado CC ³	87	1,79	0,19	4,21	0,12	6,31
Avançado, CC ³ + CCS ²	87	3,46	0,39	4,96	0,12	8,93
Turbina convencional	30	4,58	0,37	7,15	0,35	12,45
Turbina avançada	30	3,16	0,55	6,29	0,35	10,35
Nuclear avançada	90	9,01	1,11	1,17	0,1	11,39
Vento	34	8,39	0,96	0	0,35	9,7
Vento, <i>offshore</i>	34	20,93	2,81	0	0,59	24,32
Solar fotovoltaico(a)	25	19,46	1,21	0	0,4	21,07
Solar térmico(a)	18	25,94	4,66	0	0,58	31,18
Geotérmica	92	7,93	1,19	0,95	0,1	10,17
Biomassa	83	5,53	1,37	4,23	0,13	11,25
Hidrelétrica	52	7,45	0,38	0,63	0,19	8,64
¹ O&M= Operação e Manutenção						
² CCS= Sequestro e Captura de Carbono						
³ CC= Ciclo Combinado						

Fonte: Adaptado de Departamento de Energia dos EUA (Energy Information Administration (2009)).

De acordo com Shayani, Oliveira e Camargo (2006), a forma mais simples de ser feita a comparação dos custos da energia solar fotovoltaica e outras fontes tradicionais, é fazendo a comparação por unidade de potência, pois quando o investimento e a taxa de juros são altos, a probabilidade de investimento do fornecedor tende a cair significativamente. Estes mesmos autores, citam também que, para se obter uma comparação mais fiel da diferença real entre os preços da energia solar e as demais fontes, pode-se utilizar alguns critérios técnicos, desconsiderar os efeitos ambientais, sociais e demais valores que os valores podem ser considerados subjetivos. A metodologia pode ser feita de duas formas:

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

1. **Comparação utilizando o preço da energia gerada, ao invés da potência instalada.**

Por não precisar de combustível para funcionar, somente a ação dos raios solares, o custo de operação e manutenção do sistema fotovoltaico é desprezível, assim, desta forma, o custo do investimento de instalação é diluído pela sua vida útil, fazendo assim, que investimento corresponda ao valor da energia gerada pelo sistema

2. **Comparação com o preço da energia das fontes convencionais que é paga pela unidade consumidora, após o sistema de distribuição e transmissão, ao invés do valor cobrado pela distribuidora.**

No sistema solar fotovoltaico, a geração distribuída pode produzir a energia direto do telhado da residência, sem que passe pela concessionária de energia, reduzindo assim gastos que seriam impostos caso essa geração de energia fosse produzida pela concessionária, pois ela teria custos com:

- energia gerada pela usina;
- linhas de transmissão;
- rede de distribuição;
- operação e manutenção;
- encargos setoriais;
- entre outros que possam vir a surgir.

3.2 Viabilidade de instalação de um sistema fotovoltaico no Brasil

Segundo Silva (2015), de acordo com dados coletados na EPE (2014) o potencial brasileiro de geração fotovoltaica em telhados residenciais e sua relação com o consumo residencial pode ser apresentado na tabela a seguir. A tabela a seguir, contém dados que informam que em todos os estados, a capacidade de geração de energia superior ao consumo. Em alguns estados o potencial de geração de energia é de 230%, ou seja, cerca de 2 vezes mais do que a utilização desta energia, e em outros estados o potencial consegue atingir mais de 300%.

A Tabela 2 exemplifica os dados citados acima.

Tabela 2- Potencial de geração fotovoltaica em residências

UF	FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL (MW médios)	POTENCIAL FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL (GWh/ano)	CONSUMO RESIDENCIAL ANUAL 2013 (GWh)	POTENCIAL FOTOVOLTAICO/ CONSUMO RESIDENCIAL
AC	110	964	373	258%
AL	505	4.424	1.227	361%
AM	420	3.679	1.784	206%
AP	80	701	500	140%
BA	2.360	20.674	6.144	337%
CE	1.430	12.527	3.751	334%
DF	410	3.592	2.191	164%
ES	595	5.212	2.213	236%
GO	1.220	10.687	3.958	270%
MA	1.020	8.935	2.563	349%
MG	3.675	32.193	10.118	318%
MS	505	4.424	1.571	282%
MT	570	4.993	2.182	229%
PB	1.020	8.935	2.632	339%
PB	655	5.738	1.603	358%
PE	1.410	12.352	4.563	271%
PI	555	4.862	1.328	366%
PR	1.960	17.170	6.986	246%
RJ	2.685	23.521	12.833	183%
RN	555	4.862	1.805	269%
RO	265	2.321	1.084	214%
RR	65	569	345	165%
RS	1.970	17.257	7.750	223%
SC	1.075	9.417	4.935	191%
SE	350	3.066	979	313%
SP	7.100	62.196	38.783	160%
TO	255	2.234	695	321%
TOTAL	32.820	287.505	124.896	230%

Fonte: Adaptado de EPE (2014)

De acordo com Silva (2015), a viabilidade da fonte solar precisa ser analisada por influência da geração centralizada e distribuída, onde a primeira é gerada na concessionária, e a segunda é gerada diretamente nas residências. O custo da aquisição dos equipamentos para a instalação

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

do sistema fotovoltaico ainda é uma das principais causas para a falta de instalação no país, porém, há evidências de que as placas tenham uma queda significativa de preço no mercado, e pode cair ainda mais, tornando assim, cada vez mais atraente a possibilidade de instalação deste novo sistema alternativo e renovável no país.

3.3 Critério Chauvenet

O critério de Chauvenet é um método estatístico que tem como objetivo desenvolver o reconhecimento de valores considerados atípicos ou que se afastam muito dos valores utilizados na amostragem a ser estudada e retirá-los, para que o valor não interfira no valor médio dos dados. Sendo assim, a amostra deverá conter valor crítico calculado menor que o valor crítico já tabelado, para que não seja eliminado. Para a utilização do critério é necessário a verificação do valor médio da amostra, desvio padrão e cálculo do valor crítico. É também de grande necessidade, verificar a quantidade de dados contidos na amostra, pois, quando uma amostra possui muitos dados, é bem improvável que algum resultado venha a afetar o valor médio (CALLEGARO, 2014).

De acordo com o que Callegaro (2014) cita em sua dissertação, todo dado probabilístico é dado em relação ao desvio padrão, e através destes dados, consegue-se obter o coeficiente “C”, que é o valor tabelado e correspondente ao número de desvio padrões que cada faixa de valores considera tolerável para utilização.

Para a consideração da rejeição de algum dado amostral, é necessário que se verifique na tabela 3.

Tabela 3- Tabela de Chauvenet

TAMANHO DA AMOSTRA	COEFICIENTE CHAUVENET "C"	TAMANHO DA AMOSTRA	COEFICIENTE CHAUVENET "C"
3	1,38	15	2,13
4	1,54	20	2,24
5	1,65	25	2,33
6	1,73	50	2,57
7	1,8	100	2,81
8	1,87	300	3,14
9	1,91	500	3,29
10	1,96	1000	3,48

Fonte: Adaptado de Callegaro (2019).

Para a verificação da rejeição da amostra, é necessário o uso da Equação 5.

$$C = \frac{X_i - X_m}{\sigma} \quad (5)$$

Caso o valor de C calculado seja maior do que o C tabelado, é necessário a rejeição do dado correspondente a aquele número da amostra.

Esta verificação é aconselhada a ser feita uma única vez para cada conjunto de amostras, visto que ele é feito de forma arbitrária. Este método geralmente é utilizado quando o conjunto amostral não é tão pequeno, pois, ele foi desenvolvido com o intuito de remover apenas um número duvidoso. Caso seja necessário a realização de uma nova verificação nos dados amostrais, é recomendado o uso de outro método.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Villalva (2015) há algum tempo atrás, a energia fotovoltaica no Brasil era empregada exclusivamente em pequenos sistemas isolados ou autônomos, instalados em locais onde não havia atendimento de energia elétrica ou eram locais de difícil instalação. Os sistemas fotovoltaicos autônomos são tradicionalmente utilizados em propriedades rurais, comunidades isoladas, centrais remotas de telecomunicação e sistemas de sinalização. Em 2003, o Governo Federal criou um programa denominado “Luz para todos” que teve como intuito, levar eletricidade a várias residências através da instalação de sistemas fotovoltaicos autônomos. Embora esse sistema autônomo ainda seja muito viável para a utilização em locais remotos, o melhor uso dessa fonte de energia ocorre com sistemas conectados à rede.

O autor mencionado anteriormente, também cita o grande aumento no número de sistemas conectados à rede, que vem sendo instalados no Brasil, e acredita na hipótese de ocorrer um grande salto nos próximos anos devido a aprovação do uso de sistemas de geração conectados às redes de distribuição da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), obtidos através da resolução de nº482 de 2012. No ano de 2011 a Aneel juntamente com empresas concessionárias de energia em todo o país, desenvolveram um projeto estratégico para a inserção da energia fotovoltaica no Brasil, que foi denominado de “Arranjos técnicos e Comerciais para a Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira”, e teve como objetivo a criação de usinas experimentais de energia fotovoltaica interligada ao sistema elétrico nacional.

Há um estudo feito por Braga (2008), que discute sobre os Fundamentos e Aplicações da Energia Fotovoltaica, nesse artigo, a autora fala sobre a Energia Solar Fotovoltaica, a Célula

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

Fotovoltaica, o Sistema Fotovoltaico e como é feito o dimensionamento, para que o projeto seja concluído com êxito, explicando de forma clara e objetiva como funciona todo o processo, garantindo que o proprietário não se arrependa do investimento.

Em seu artigo sobre Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios, Silva (2015) expõe informações relevantes sobre os conceitos da energia solar e o panorama mundial, os incentivos à energia solar no país, a viabilidade econômica dos painéis fotovoltaicos e seus principais produtores, e classifica as oportunidades e desafios que são encontradas para a energia solar no Brasil. Além de citar também novos métodos de aperfeiçoamento na legislação, garantindo assim, que esta nova fonte de energia seja cada vez mais discutida afim de ser implantada no país.

Já Shayani, Oliveira e Carmargo (2006) fazem uma comparação dos custos da Energia Solar Fotovoltaica e uma Fonte Convencional. No seu artigo, os autores citam aspectos que devem ser considerados pelo planejador energético, as necessidades de fontes renováveis buscando um desenvolvimento sustentável, compara as diferentes fontes de geração de energia, define energia solar e geração distribuída, compara os custos da implantação de energia solar pela unidade de potência e também pela energia gerada durante a vida útil do sistema e explica a diferença entre os custos da energia na usina e na unidade consumidora, deixando de forma explícita, informações essenciais à aqueles que pensam em futuramente instalar este novo processo de geração de energia.

4.1 Vantagens e desvantagens do sistema solar fotovoltaico

Esse novo sistema possui diversas vantagens, por ser um novo método considerado limpo, visto que ele utiliza recursos naturais como matéria prima. Ele possui vida útil de cerca de 25 anos, caso ocorra a manutenção correta das suas placas e ela pode ser feita anualmente, ou de acordo com a necessidade. É uma matéria prima comum a todos, desde as regiões mais inóspitas até as mais povoadas. Porém, como todo sistema, este também possui desvantagens. É de extrema necessidade de que a estrutura aguente o peso das placas sobre ela, caso contrário, deverá ser feita uma modificação da estrutura do local para que ela suporte a carga adicionada. Há também a necessidade de uma análise do melhor método (off-grid ou Grid-tie) a ser instalado e um alto valor de orçamento disponível para a instalação do sistema.

Braga (2008) cita como principais vantagens do sistema solar fotovoltaicos os seguintes tópicos:

1. Não há consumo de combustíveis no sistema;

2. O sistema não produz nenhum tipo de substância que polua ou contamine o ambiente;
3. Ele é silencioso;
4. Possui vida útil superior a 25 anos;
5. Resiste a condições climáticas extremas (temperatura, umidade, entre outros);
6. Não possui peças móveis, diminuindo a necessidade de manutenção;
7. Consegue-se aumentar a potência instalada, adicionando novos módulos ao sistema;
8. Há geração de energia mesmo em dias nublados, devido ao calor gerado nas nuvens.

E como principais desvantagens ela descreve os seguintes itens:

1. As células fotovoltaicas necessitam de muita tecnologia para sua fabricação, e devido a isso, são exportadas para o Brasil;
2. Possui um custo elevado, visto que, seu material principal é exportado de outros países;
3. Seu rendimento é vinculado aos níveis de radiação solar, temperatura, quantidade de nuvens existentes, entre outros fatores;

Levando em conta as vantagens que o sistema possui e pensando na sustentabilidade do país, o investimento neste novo processo de geração de energia limpa, é considerado ideal, visto que as vantagens são superiores as desvantagens, e, observando o ponto de vista orçamentário, a instalação do sistema requer um alto valor para sua aquisição e instalação, que o torna um processo de custo orçamentário elevado, e pode acarretar uma recusa dos investidores. Entretanto, o Brasil tem desenvolvido inicialmente, financiamentos e descontos a produtores rurais que se interessem em instalar este sistema, como forma de incentivo. Com isso, caberá ao proprietário, estudar os fatos, e concluir qual será a melhor e mais vantajosa opção para ele.

4.2 Proposta comercial da empresa Vision Solar

Atualmente, a empresa Vision Solar, instalada na cidade de Monte Carmelo – MG, possui cerca de 30 projetos já executados na região e forneceu um orçamento referente a uma possível instalação de um sistema fotovoltaico na instituição de ensino UNIFUCAMP, de acordo com o valor gasto em reais e a quantidade de energia consumida durante o mês de agosto do ano de 2019. Em média, o valor do KWh cobrado pela concessionária de energia da cidade de Monte Carmelo é de R\$0,92, sendo assim, através dos dados coletados no setor financeiro da instituição e verificação através do Critério de Chauvenet, foi possível obter as seguintes informações contidas na Tabela 4.

Tabela 4– Gastos de energia em quilowatt por hora (KWh) e reais (R\$) de um sistema convencional de energia no campus da instituição

MÊS DE REFERÊNCIA (ANO 2019)	QTDE DE ENERGIA GASTA (KWh)	VALOR PAGO (R\$)
JANEIRO	6.160	R\$ 5.358,14
FEVEREIRO	9.080	R\$ 7.997,21
MARÇO	11.120	R\$ 9.108,30
ABRIL	12.080	R\$ 9.987,42
MAIO	10.840	R\$ 8.962,35
JUNHO	9.840	R\$ 8.298,92
JULHO	7.800	R\$ 7.059,36
AGOSTO	6.320	R\$ 5.972,26
TOTAL	73.240	R\$ 62.743,96

Fonte: Adaptado de UNIFUCAMP (2019).

4.2.1 Verificação do critério de Chauvenet nos dados referentes ao valor pago mensalmente em energia pelo sistema convencional

Aplicou-se o Critério de Chauvenet para verificação de rejeição de algum dado do conjunto amostral, e as informações são as exemplificadas na Tabela 5.

Tabela 5- Aplicação do Critério de Chauvenet nos dados referentes ao valor pago em energia mensalmente na instituição

REFERÊNCIA (ANO 2019)	MÉDIA DO VALOR PAGO EM R\$	ENERGIA GASTA EM KWh	(Xi-Xm)	(Xi-Xm) ²	DESVIO PADRÃO (S)	C (calc)
JANEIRO	5.358,14	6.160	-2484,90	6174728,01	6174728,01	1,55
FEVEREIRO	7.997,21	9.080	154,20	23777,6	23777,6	0,1
MARÇO	9.108,30	11.120	1265,3	1600984,1	1600984,1	0,79
ABRIL	9.987,42	12.080	2144,4	4598451,4	4598451,4	1,34
MAIO	8.962,35	10.840	1119,3	1252832,5	1252832,5	0,7
JUNHO	8.298,92	9.840	455,2	207207	207207	0,28
JULHO	7.059,36	7.800	-783,6	614029	614029	0,49
AGOSTO	5.972,26	6.320	-1870,7	3499518,5	3499518,5	1,17
TOTAL	7842,995	9155	-0,80	17971528,11	1602,298711	-

Fonte: A autora (2019).

De acordo com a tabela de Chauvenet, o resultado do coeficiente C calculado deverá ser maior que 1,87 (valor referente a 8 amostras) para que ele possa ser rejeitado, caso seja menor, a amostra será mantida.

No caso das amostras colhidas inicialmente, nenhum dos dados utilizados foram necessários passar por rejeição, visto que nenhum deles foi excedente ao valor do coeficiente tabelado. Sendo assim, todos os dados da amostra se tornam pertinentes para utilização dos cálculos referente a comparação dos projetos de energia.

4.2.2 Média de gastos em KWh de janeiro a agosto de 2019 na UNIFUCAMP em um sistema convencional de geração de energia, através da equação 6

Os dados a seguir foram retirados da tabela 5, e são referentes a quantidade de KWh gastas nos oito primeiros meses do ano de 2019, no campus do centro universitário UNIFUCAMP.

$$X = \frac{6160+9080+11120+12080+10840+9840+7800+6320}{8} \quad (6)$$

$$X = 9155 \text{ KWh ao mês}$$

4.2.3 Média de gastos em reais (R\$) de janeiro a agosto de 2019 na UNIFUCAMP em um sistema convencional de geração de energia, através da equação 7

Os dados a seguir foram retirados da tabela 5, e são referentes aos valores gastos em reais relacionados ao uso de energia pelo método convencional nos oito primeiros meses do ano de 2019, no campus do centro universitário UNIFUCAMP.

$$Y \quad (7)$$

$$Y = \frac{5358,14 + 7997,21 + 9108,30 + 9987,42 + 8962,35 + 8298,92 + 7059,36 + 5972,26}{8}$$

$$Y = R\$7843,00 \text{ ao mês}$$

A instituição gastou cerca de 73.240 KWh e R\$62.743,96 de janeiro a agosto do ano de 2019, com estes dados, estima-se que o sistema fotovoltaico necessite de uma potência de cerca de

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

87,1 KWp para que possa atingir o nível necessário de geração de energia que seja suficiente para o seu uso da instituição, sem que ocorra nenhum problema relacionado a falta de energia.

4.3 Média de gastos em KWh ao ano na UNIFUCAMP com um sistema convencional e um sistema solar fotovoltaico

Através dos dados fornecidos na tabela anterior, consegue-se fazer uma média de valores em relação a quantidade de energia gasta em um ano (12 meses) para um sistema convencional de energia, e com isso, consegue-se fazer um comparativo quantitativo de um sistema solar fotovoltaico de potência 87,1 KWp.

As Tabelas 6 e 7 abaixo, mostram os dados mencionados:

Tabela 6- Média de gastos em KWh e reais através de um sistema convencional de energia na UNIFUCAMP

MÊS DE REFERÊNCIA (ANO 2019)	QTDE DE ENERGIA GASTA (KWh)	VALOR PAGO (R\$)
JANEIRO	6.160	R\$ 5.358,14
FEVEREIRO	9.080	R\$ 7.997,21
MARÇO	11.120	R\$ 9.108,30
ABRIL	12.080	R\$ 9.987,42
MAIO	10.840	R\$ 8.962,35
JUNHO	9.840	R\$ 8.298,92
JULHO	7.800	R\$ 7.059,36
AGOSTO	6.320	R\$ 5.972,26
SETEMBRO	9.155	R\$ 7.843,00
OUTUBRO	9.155	R\$ 7.843,00
NOVEMBRO	9.155	R\$ 7.843,00
DEZEMBRO	9.155	R\$ 7.843,00
TOTAL	109.860	R\$ 94.115,96

Fonte: A autora (2019).

Tabela 7- Estimativa da geração de energia através do sistema solar fotovoltaico anualmente na UNIFUCAMP

ESTIMATIVA MENSAL DE GERAÇÃO	
MÊS	QUANTIDADE GERADA (KWh)
JANEIRO	10.774
FEVEREIRO	10.276
MARÇO	10.962
ABRIL	11.395
MAIO	11.422
JUNHO	11.348
JULHO	11.890
AGOSTO	12.532
SETEMBRO	11.598
OUTUBRO	11.722
NOVEMBRO	10.591
DEZEMBRO	10.423
TOTAL ANUAL	134.933

Fonte: Vision Solar (2019).

4.3.1 Média da estimativa mensal de geração de energia num sistema solar fotovoltaico em kwh, através da equação 8

Os dados contidos abaixo são referentes aos valores mensais de quantidade de energia estimados para um sistema solar fotovoltaico presentes na Tabela 7.

$$W = \frac{10744+10276+10962+11395+11422+11348+11891+12532+11598+11722+10591+10423}{12} \quad (8)$$

$$W = 11.244 \text{ KWh}$$

4.3.2 Porcentagem utilizada de energia na faculdade em relação à quantidade gerada pelo sistema solar fotovoltaico

Através dos dados obtidos nas tabelas anteriores, sabe-se que o sistema convencional utilizado atualmente na instituição gasta cerca de 109.860 KWh ao ano e o sistema solar fotovoltaico possui a estimativa de produzir em média 134.933 KWh ao ano. Com isso, foi feita uma

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

comparação através de uma regra de três simples, exemplificando a porcentagem gasta atualmente em energia no campus, segue informações na Tabela 8.

Tabela 8- Porcentagem de energia gasta com um sistema convencional em comparação com a energia solar fotovoltaica produzida por um sistema de potência 87,1 KWp

QTDE GERADA	QTDE GASTA	PORCENTAGEM GERADA	PORCENTAGEM GASTA
134.933	109.860	100%	81%

Fonte: A autora (2019).

A estimativa de geração média mensal de energia através de um sistema solar fotovoltaico com potência de 87,1 KWp, gira em torno de 11.244KWh ao mês, geração no qual é mais do que suficiente para a quantidade gasta mensalmente na instituição, 9.155 KWh ao mês, e, anualmente esse valor aumenta de forma muito positiva, chegando a atingir uma média de 134.933 KWh, cerca de 25.073 KWh a mais do que o gasto anualmente 109.860 KWh, ou seja, a instituição pode crescer cerca de 19% e o sistema ainda será viável e não necessitará de aumento logo após a sua instalação.

A empresa possui também como um diferencial uma página na internet no qual, o cliente consegue acessar o seu sistema e verificar a quantidade de energia que vem sendo gerada, além do aplicativo em celulares, tablets e televisores. Para que se possa obter os dados listados acima, é necessário que o projeto contenha os seguintes equipamentos em seu sistema, e que estão citados na tabela 9.

Tabela 9- Equipamentos necessários para um sistema solar fotovoltaico com potência de 87,1 KWp

Equipamentos	Descrição	Quantidade
Módulos	PAINEL SOLAR BYD 335PHK-36 POLOCRISTALINO 144 CEL. 335 W HALF CELL 17% EFICIÊNCIA	260
Inversores	INVERSOR SOLAR FRONIUS 4210052840SYMO BRASIL 15 KW TRIFASICO 220V MPPT MONITORAMENTO	5
String Box	STRING BOX PROAUTO DEHN 20389 SB-2E/4E-2S-1000DC QUADRO 4 ENTRADAS/2 SAÍDAS 4STR 1000V	5
Estruturas	ESTRUTURA ROMAGNOLE 411490 RS-2550 4 PAINEIS FIZADORES GANCHO TELHA COLONIAL	65
	ESTRUTURA ROMAGNOLE 411113 RS-228 PERFIL DE ALUMÍNIO PAR 4,15 M PARA 4 PLAVAS	65
	STAUBLI CONECTOR MC4 320016P0001-UR PV-KBT4/6II-UR ACOPLADOR FEMEA	40
	STAUBLI CONECTOR MC 320017P0001-UR PV-KST4/6IIUR ACOPLADOR MACHO	40
Variedades	CABO SOLAR 6MM ATÉ 1800V CC PT ABNT NBR 16612	750
	CABO SOLAR 6MM ATÉ 1800V CC VM ABNT NBR 16612	750

Fonte: Vision Solar (2019).

Abaixo segue Figura 8 contendo os equipamentos da marca **Fronius**, utilizados pela empresa Vision Solar de Monte Carmelo e indicados para a utilização do sistema solar fotovoltaico na UNIFUCAMP.

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

Figura 8- Módulo, bateria de lítio Fronius e painel solar



Fonte: Fronius (2019).

Os equipamentos desta empresa (Vision Solar) possuem garantias dos seus fabricantes (Fronius), que são listados da seguinte forma:

1. **Módulos Fotovoltaicos:** 10 anos caso ocorra defeito de fabricação e 25 anos com a garantia de eficiência de 80%;
2. **Inversores:** 5 anos caso ocorra defeito na fabricação;
3. **Estrutura de fixação:** 12 anos caso ocorra defeito na fabricação.

Todos os materiais utilizados são de última geração e conseguem atender as necessidades da instituição, podendo aumentar o sistema caso haja a necessidade, visto que, a instituição vem crescendo de forma ampla, se tornando centro de referência para toda a região e necessitando sempre de melhorias e ampliações para atender a todos os seus alunos. Levando em conta todos os dados apresentados acima, a empresa fez uma análise financeira considerando os seguintes fatores:

- Tempo de vida mínima útil das placas: 25 anos;
- Inflação: 7% ao ano;
- Perda de eficiência da geração de energia: 15% em 25 anos;
- Custo anual de operação: R\$ 1700,00;
- Preço atual do KWh+ imposto (sistema convencional): R\$0,92.

Considerando todos os aspectos citados acima, consegue orçar o sistema em mais ou menos cerca de R\$ 324.377,57 para que seja feita sua instalação. De imediato este orçamento é tido como exorbitante e pode assustar o investidor, mas calculando o tempo de retorno (*payback*) simples, o investidor levará cerca de 2 anos e 4 meses para começar a obter o lucro do seu sistema. Já o *payback* descontado levaria em torno de 2 anos e 8 meses, a taxa interna de retorno seria de 46,46 e em um ano o valor em caixa acumulado chegaria a ultrapassar os 7 milhões de reais. Abaixo segue Tabela 10 com informações referentes aos valores do fluxo de caixa em 25 anos (tempo de vida útil das placas).

Tabela 10- Fluxo de caixa de um sistema solar fotovoltaico durante a vida útil das placas

ANO	VALOR
0	-R\$ 324.377,57
1	-R\$ 194.165,49
2	-R\$ 55.691,33
3	R\$ 91.563,58
4	R\$ 248.150,01
5	R\$ 414.652,83
6	R\$ 591.693,06
7	R\$ 779.930,07
8	R\$ 980.063,91
9	R\$ 1.192.837,79
10	R\$ 1.419.040,64
11	R\$ 1.659.509,93
12	R\$ 1.915.134,57
13	R\$ 2.186.858,01
14	R\$ 2.475.681,52
15	R\$ 2.782.667,67
16	R\$ 3.108.943,99
17	R\$3.455.706,87
18	R\$ 3.824,225,68
19	R\$ 4.215.847,10
20	R\$ 4.631.99,76
21	R\$ 5.074.199,10
22	R\$ 5.544.052,49
23	R\$ 6.043.264,73
24	R\$ 6.573,643,78
25	R\$ 7.137.106,84

Fonte: Vision Solar (2019).

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

Atualmente a instituição possui 3 padrões de energia, para que seja possível utilizá-la ao mesmo tempo em todo o campus, e, não ocorrer frequentes quedas energéticas. Já o novo sistema apresentado neste trabalho, possui 5 inversores que são capazes de gerar a energia, e possui esta alta quantidade de equipamentos, como precaução caso ocorra a perda de funcionamento de um ou outro inversor, evitando que todo o sistema pare e cause um prejuízo na geração da sua própria energia.

Considerando a quantidade média anual gasta em reais por um sistema convencional de geração de energia (R\$ 94.115,96), obtém-se que em 25 anos a instituição terá gasto em média, uma quantia de mais de R\$ 2.353.924,00, ou seja, estará com um saldo negativo de quase 2 milhões e meio de reais, em contrapartida, o sistema solar fotovoltaico em 25 anos faria com que a instituição economizasse cerca de R\$ 6.812.729,27 retirando o valor que foi investido na instalação do sistema, e esse valor poderia ser investido em mais investimentos no próprio campus.

Devido ao grande índice de irradiação solar no Brasil, as vantagens na instalação desse sistema são inúmeras, visto que, o país é um dos que apoiam a utilização de sistemas que sejam renováveis, como por exemplo, a grande quantidade de energia gerada atualmente é derivada em sua maioria das hidrelétricas já existentes.

Do ponto de vista sustentável, a utilização desse sistema apresenta diversas vantagens, pois possibilita que regiões afastadas possuam esse novo método e levem energia aos seus moradores, e evita que haja um grande desmatamento da região, pois pode-se instalar as placas em telhados de residências, paredes e outros.

O Brasil já possui também, diversos programas que incentivam a utilização desse novo método de geração de energia alternativa, porém, como maior desvantagem, o alto valor dos equipamentos são um dos pontos que mais impossibilitam a instalação desse novo método. Pois, de acordo com dados apresentados acima, a região que mais recebe radiação solar é a nordeste, e seus habitantes são no geral, de classe média baixa, o que inviabiliza o investimento neste novo sistema.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se através dos dados obtidos neste trabalho, uma grande viabilidade na instalação deste novo sistema limpo e renovável na instituição (sistema solar fotovoltaico), pois, as vantagens desse novo sistema são superiores aos sistemas convencionais utilizados no campus, sejam em questões de sustentabilidade ambiental, quanto ao investimento em equipamentos de última

geração que exigem pouca manutenção e resistem a condições climáticas extremas. De acordo com o orçamento adquirido na empresa Vision Solar, a UNIFUCAMP começaria a obter um retorno financeiro (*payback*) em menos de 2 anos e meio, mesmo sendo um investimento de alto custo inicial, é um processo relativamente novo e que vem recebendo vários tipos de incentivo do próprio governo.

Caso a instalação seja concluída, a instituição poderá verificar em seu orçamento uma economia de cerca de 7 milhões de reais em 25 anos (tempo de vida útil das placas), e conseguirá obter também, a possibilidade de ampliação do seu campus, visto que o sistema de 87,1 KWp de potência, tem de cerca de 19% de energia gerada a mais do que a gasta atualmente, o que para um centro universitário de renome regional é de extrema importância, pois, poderia ser efetuada a ampliação sem custos adicionais, podem assim investir em outros pontos que necessitam de criação ou manutenção no campus.

REFERÊNCIAS

AGENEAL. 2019. Disponível em: <https://www.ageneal.pt/>. Acesso em: 26 mar. 2019.

BRAGA, R.P. **Energia solar fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. 2008. Dissertação (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7372/1/monopoli10001103.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2019.

CALLEGARO. R. F. **Uma arquitetura para fusão de dados de sensores de baixo custo em redes de sensores sem fio**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Automação e Sistemas. Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/129459/327790.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 23 jun. 2019.

COSTA, R. C. D.; PRATES, C. P. T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. Rio de Janeiro. BNDS setorial, 2005. Disponível em:

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2436/2/BS%2021%20O%20papel%20das%20fontes%20renov%C3%A1veis_P.pdf. Acessado em: 16 maio 2019.

ECYCLE. 2019. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/5031-energia-renovavel>. Acesso em: 26 mar. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. 2019. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>. Acesso em: 10 nov. 2019.

ENGIE. 2019. Disponível em: engie.com.br. Acesso em: 22 maio 2019.

ESTADÃO. 2019. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-forum-economico-mundial-em-davos,70002684850>. Acesso em: 16 maio 2019.

GAMPIETRO, U. **Viabilidade econômica da energia solar nas áreas rurais do nordeste brasileiro**. 2004. Dissertação – Jovens Pesquisadores, 2004. Disponível em: <https://mac.arq.br/wp-content/uploads/2016/03/viabilidade-economica-energia-solar-areas-rurais-nordeste-brasileiro.pdf>. Acessado em: 20 maio 2019.

HINRICHS. R. A.; KLEINBACH. M.; REIS. L. B. D. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Cengage, 2017.

LUZ SOLAR. 2019. Disponível em: <https://luzsolar.com.br/resolucao-normativa-482-aneel/>. Acesso em: 22 maio 2019.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. **Revista virtual de química**. Niterói: 2014. ISSN 1984-6835. Disponível em: <http://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/664/508%3E>. Acesso em: 22 maio 2019.

MAYTEC SOLUÇÕES. 2019. Disponível em: <http://www.maytecsolucoes.com.br/energia-solar>. Acesso em 22 maio 2019.

FORTUNATO, K. J.; MOTA, K. R. R.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2019. Disponível em:

<https://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global>. Acesso em: 10 nov. 2019.

NAÇÕES UNIDAS. 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-conferencia-do-clima-da-onu-na-polonia-a-cop24/>. Acesso em: 16 maio 2019.

NEOSOLAR. 2019. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>. Acesso em: 20 maio 2019.

PORTAL SOLAR. 2015. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/energia-renovavel.html>. Acesso em: 26 mar. 2019.

ROSA, A. V. da. **Processos de energias renováveis**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

ROSA, R. S. **Origem do Sistema Solar Fotovoltaico**. 2019. Disponível em:

<http://www.csrenergiasolar.com.br/blog/sistema-fotovoltaico-autonomo---sfa-off-grid>.

Acesso em: 15 maio 2019.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G.; CAMARGO, I. M. T. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes convencionais**. V Congresso Brasileiro de

Planejamento Energético, CBPE. Políticas Públicas para a Energia: Desafios para o próximo quadriênio, 31 de maio a 02 de junho de 2006. Brasília, DF. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3427159/mod_resource/content/1/solar.pdf. Acesso em: 23 jun. 2019.

SILVA, E. P. da. **Fontes renováveis de energia: Produção de energia para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fev/2015 (Texto para Discussão nº 166) Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em: 23 jun. 2019.

Viabilidade orçamentaria de um sistema solar fotovoltaico

SOLAR BRASIL. 2019. Disponível em: <https://www.solarbrasil.com.br/blog/o-papel-social-da-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 11 nov. 2019.

SOUZA, R. D. **Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (On Grid): O guia 100% completo**. São Paulo: Blue Sol- Energia Solar, 2017. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-on-grid/>. Acessado em: 15 maio 2019.

VILLALVA, M.G. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações. Sistemas Isolados à Rede**. São Paulo: Érica, 2015. E-book. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=M4diDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP3&dq=energia+fotovoltaica+no+brasil&ots=z3g-f72c5S&sig=l_h2ld-DaS2Kk23_RDIsXAdUGd0#v=onepage&q=energia%20fotovoltaica%20no%20brasil&f=false. Acessado em: 08 abr. 2019

VILLALVA, M.G. **Energia solar fotovoltaica: Conceitos e aplicações**. 2ª Edição. São Paulo: Érica, 2015.