

APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS EM SÃO JOAQUIM - SC

G. Wehle* y S. Keine

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Departamento de Tecnologia Industrial (DTI)
Engenharia de Produção – Habilitação Mecânica – EIM
Rua Luiz Fernando Hastreiter, N° 180, 89283-081 - Centenário, São Bento do Sul – Santa Catarina, Brasil
Tel. (47) 3647-0083

*Autor correspondente E-mail: gustavo.wehle@gmail.com

Recibido: 05-08-18: Aceptado:25-10-18.

RESUMO.- Neste trabalho foi analisada a instalação de um sistema alternativo para geração de energia elétrica, em uma empresa do ramo alimentício de pequeno porte localizada no sul do Brasil, a fim de incentivar a redução das despesas elétricas e torná-la mais competitiva. O estudo se baseou na energia fotovoltaica, a qual converte a energia proveniente do sol em elétrica. Os dados iniciais foram coletados através de uma pesquisa documental e por uma entrevista informal com o dono da empresa. Com o objetivo de dimensionar o sistema correto, foi realizada uma análise em parceria com uma empresa da região que é especialista no ramo, através de cálculos específicos, análise de incidência solar na região e seu o gasto médio mensal com energia elétrica. Os resultados estimados foram satisfatórios, pois, o Payback do investimento ficou em 79 meses e após esse período, o mesmo proporcionará uma redução de aproximadamente R\$ 120.000,00 anual nas despesas com eletrecidade. Os resultados atestam a viabilidade de aplicação do sistema fotovoltaico como alternativa para reduzir os custos agregados no processo.

Palavras-chaves: Energia solar, Sistema fotovoltaico, Investimento.

APPLICATION OF SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY A CASE STUDY AT A DISTRIBUTION AND STORAGE COMPANY OF APPLES IN SÃO JOAQUIM - SC

ABSTRACT.- In this work, the installation of an alternative system for electric power generation was analyzed in a small scale food company located in the south of Brazil, in order to encourage the reduction of electrical expenses and make it more competitive. The study was based on photovoltaic energy, which converts energy from the sun into electricity. The initial data were collected through documentary research and an informal interview with the owner of the company. Aiming to size the correct system, an analysis was carried out in partnership with a company from the region that is specialized in the field, through specific calculations, analysis of solar incidence in the region and its average monthly expenditure with electric energy. The estimated results were satisfactory, since the payback of the investment was 79 months and after this period, it will provide a reduction of approximately R \$ 120,000.00 per year in expenses with electricity. The results attest to the feasibility of applying the photovoltaic system as an alternative to reduce the aggregate costs in the process.

Keywords: Costs, Solar Energy, Photovoltaic System, Investment.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a revista eletrônica “*The World Population Prospects: The 2017 Revision*”, a população mundial cresce cerca de 83 milhões de habitantes a cada ano. A expectativa é que esse número continue aumentando, mesmo com a decrescente perspectiva das taxas de fertilidade. Contudo, essa crescente irá influenciar na demanda por energia, que terá crescimento gradativo até 2050. Fragkos et al (2017).

De acordo com o a *internacional energy agency* (2016), o maior fornecedor de energia existente é o carvão, que responde por 40% de toda a eletricidade do mundo. O agravante é a queima do mesmo para gerar energia, devido elevada emissão de poluentes na atmosfera. No Brasil o caso é diferente. Por deter a maior reserva de água doce do mundo, sua matriz energética é proveniente das hidrelétricas, as quais geram cerca de 70% da energia elétrica consumida no país (Aguiar, 2017).

Diante deste cenário, o Brasil tornou-se extremamente dependente de uma fonte exclusiva de energia onde está pagando caro por isso, pois, com a falta de chuva e o nível dos reservatórios baixos, as termoeletricas passaram de uso de emergência para uso integral, gerando cerca de 20% da energia total e aumentando o custo da geração de energia (Kafruni, 2014).

A cada dia que passa, os países mostram mais interesse em gerar energia limpa, buscando a diminuição da degradação dos recursos naturais, como por exemplo a água, que a cada ano que passa se torna mais escassa (Becker et al, 2016). Segundo a Organização das Nações Unidas (Onubr, 2015), se nenhuma ação for tomada, o mundo irá enfrentar um déficit hídrico de 40% em 2030.

O Brasil está localizado no hemisfério Sul, seu território se encontra em regiões de baixa latitude e altos níveis de radiação solar Colle e Pereira (1996), o que contribui para maior aproveitamento de captação em sistemas fotovoltaicos (Marinoski et al., 2004).

Baqui (2003) destaca que a recente crise energética nacional trouxe à tona dois aspectos importantíssimos referentes à infraestrutura do sistema elétrico no Brasil: a necessidade de investimento no setor energético e a relação entre a energia e o desenvolvimento.

Em relação à fabricação de placas fotovoltaicas, o Brasil tem outro fator favorável, é detentor da maior e melhor reserva de silício do mundo, o qual é material base para criação do painel solar (Freitas, Hollanda, 2015). Dentre as fontes de energia, a solar é a que mais emprega pessoas por megawatt-hora instalado, seria outra alternativa pro governo para gerar mais distribuição de renda (AMI, 2018).

As discussões por novos meios de geração da energia elétrica buscando melhor aproveitamento e a redução do impacto ambiental, justificam a apresentação deste estudo. Onde mostra que através da energia solar foi possível diminuir o consumo da energia provida por distribuidoras que utilizam recursos naturais para geração.

Neste trabalho busca-se o estudo de viabilidade do aproveitamento da energia solar fotovoltaica para o uso em um barracão onde se armazena maçãs em temperatura e atmosfera controlada, localizado no município de São Joaquim, no estado de Santa Catarina. Foram coletados dados da conta de luz dos últimos três anos, com o objetivo de dimensionar e projetar o número de painéis necessários à geração de energia. O estudo indica que a implantação teve sucesso e, no futuro, a instalação deste tipo de sistema será muito difundida

2. Revisão de literatura.

2.1 Sustentabilidade.

Após a primeira Revolução Industrial, iniciou-se a exploração em massa de recursos naturais, utilizando diversas tecnologias para obter energia em grandes proporções, sem levar em conta as consequências futuras ao meio ambiente. Para Udaeta (1997) a maior preocupação da época era crescer economicamente e tecnologicamente.

O desenvolvimento sócio-econômico está ligado diretamente ao nível de suprimento energético, consequentemente atingindo o meio ambiente e, portanto a sua sustentabilidade (Goldemberg, 1998).

A preocupação relacionada às mudanças climáticas e à segurança energética se dá em maior evidência nos países mais desenvolvidos, por obterem uma matriz energética proveniente dos combustíveis fósseis (Uczai, 2012).

Devido ao fato de o Brasil ser abundante em recursos naturais, possuir um potencial hídrico gigante, baseia seu desenvolvimento energético na exploração exaustiva deste recurso.

Como mostra na figura 1, a principal fonte de energia brasileira vem das hidrelétricas, que contam com mais de 2700 empreendimentos espalhados pelo Brasil, país privilegiado por ter uma ramificada e extensa bacia hidrográfica. São muitos rios, com grandes desníveis, cuja força da água é aproveitada para a obtenção de maior eficiência energética (Silva, 2014).

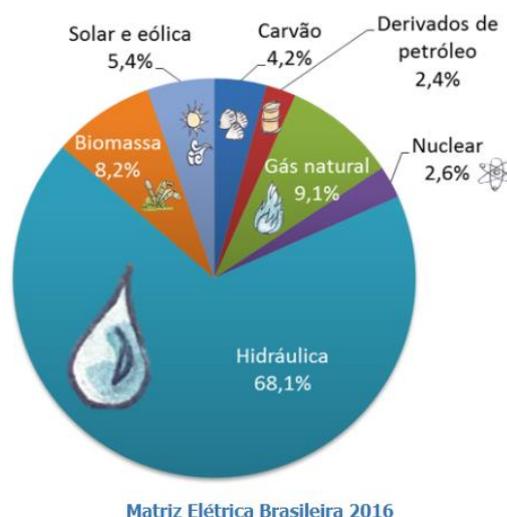


Fig. 1: Matriz energética brasileira. Fonte – (EPE) Empresa de Pesquisa Energética (2018).

Entretanto, há pontos negativos quanto à exorbitante exploração das fontes hídricas para a geração de energia. Favaretto (1997) relata que a construção de hidrelétricas vem degradando as nossas florestas, pois necessita alagar uma vasta área para fazer o seu reservatório, removendo para sempre o sistema ecológico e social que ali reside. Para Bermann (2001) do ponto de vista ecológico, toda a fauna e a flora são alagados pra abrigar um reservatório de água. Do ponto de vista social, as pessoas que ali residem, serão retiradas obrigatoriamente de suas terras, assim tendo que mudar suas produções, seus costumes, hábitos, relações etc.

No Brasil, mais de um milhão de pessoas tiveram que ser deslocadas devido à inundação de suas terras proporcionada pelas usinas hidrelétricas, segundo os dados retratados por Zhou e Oliveira (2007).

Por sua vez, a utilização de fontes renováveis para a geração de energia traz diversos benefícios ambientais, econômicos e sociais. Ajuda principalmente a reduzir a poluição, tem um custo menor de geração se comparada com a queima de combustíveis fósseis e tem um valor agregado maior pra sociedade, como por exemplo, maior geração de emprego (UCZAI, 2012).

O mais recente relatório da Agência Internacional de Energia - IRENA (2017), mostra a queda do custo e a política facilitadora das energias renováveis, tem influenciado nos investimentos, que por consequência tem gerado muitos empregos no mundo desde o primeiro parecer anual da IRENA em 2012, quando mais de cinco milhões de pessoas trabalhavam no setor. No decorrer dos últimos quatro anos, por exemplo, o número de empregos envolvendo setores solar e eólico mais que duplicou.

A contribuição das energias renováveis influencia diretamente nos objetivos socioeconômicos mais amplos. Com essa crescente se espera chegar a 24 milhões de empregos até 2030, se tornando um grande marco para o desenvolvimento econômico no mundo.

2.2 Sistema Fotovoltaico Eficiência de Conversão

Segundo Rütther (2004) as células solares convertem diretamente de forma não poluente, silenciosa e renovável a radiação do sol em energia elétrica

Conforme Pinho e Galdino (2014) a energia gerada através da transformação direta da luz em eletricidade se dá pelo efeito fotovoltaico, gerado por células fotovoltaicas formadas por um material semicondutor, responsável por criar um campo elétrico permanente chamado de “Junção PN”. É a estrutura essencial dos componentes eletrônicos normalmente denominados semicondutores, principalmente diodos e transistores. É formada pela junção metalúrgica de dois cristais, geralmente silício (Si) e (atualmente menos comum) Germânio (Ge), de natureza P e N, segundo a sua composição de nível atômico. Quando a radiação atinge o átomo semicondutor, o mesmo libera um elétron, que é conduzido pelo campo elétrico interno até os contadores, contribuindo assim pra geração de corrente pela célula fotovoltaica.

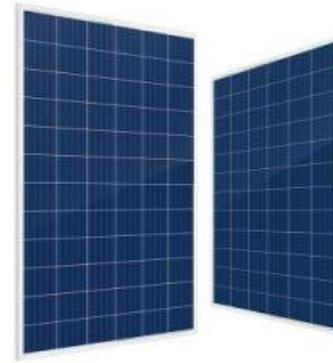


Fig. 2. Módulos fotovoltaicos.

O principal material de fabricação das células fotovoltaicas é o silício (Si), segundo elemento químico mais abundante no planeta, em especial no Brasil. O mesmo vem sendo explorado sob diversas formas: amorfo, cristalino e policristalino. O sistema fotovoltaico é constituído por um ou mais módulos fotovoltaicos e por um grupo de equipamentos fundamentais, como inversores, acumuladores eletroquímicos, controladores de carga e equipamentos de proteção (Rütther, 2004).

Os sistemas fotovoltaicos são classificados das seguintes maneiras, segundo Pinho e Galdino (2014).

- i) Sistemas autônomos ou híbridos: Não necessitam ser ligados na rede de distribuição elétrica das concessionárias e podem ser usados com ou sem armazenamento de energia.
- ii) Sistemas ligados à rede: Gera eletricidade através da energia do sol, é conectado à rede de distribuição e trabalha em conjunto com a rede elétrica da distribuidora.

2.3. Potencial de Aproveitamento Solar no Brasil

Por ter um clima tropical e o sol estar exposto o ano todo, o Brasil tem um grande aproveitamento solar. O (Instituto Ideal, 2007) cita que a região com menor incidência solar do país consegue ser 40% maior que a região mais ensolarada da Alemanha, o qual é líder na utilização de energia fotovoltaica. Segundo levantamento apurado pelo (Lobato, 2009) o Brasil possui 95% de toda a reserva mundial de silício, o equivalente a 78 milhões de toneladas, conforme estatísticas oficiais do Departamento Nacional da Produção Mineral, realizadas em 1986.

A energia fotovoltaica é tão promissora, que na Alemanha a somatória dos módulos fotovoltaicos instalados em residências possuem a capacidade de geração igual a três usinas de Itaipu (Rockman, 2011).

Segundo o estudo de Pereira et. al. (2006) o Brasil possui uma média anual alta e aproveitável de irradiação solar durante o ano. De acordo com a pesquisa dos autores mencionados, o valor máximo de irradiação global é de 6,5 KWh/m², que ocorre no Nordeste do Brasil, entre os estados da Bahia e Piauí, e o valor mínimo de irradiação se encontra no litoral do estado de Santa Catarina – 4,23 KWh/m², que tem o número inferior a média brasileira devido a ocorrência de muitas chuvas durante o ano.

Mesmo havendo tal disparidade, esse levantamento demonstra que a irradiação solar no Brasil é muito superior aos países da União Europeia, onde os investimentos nos

projetos de aproveitamento dos recursos solares são mais amplos sólidos, vultosos e amplamente espalhados.



Fig. 2 - Potencial médio anual de energia solar em cada uma das regiões do Brasil. Fonte: PEREIRA et. al., (2006).

2.4 Geração de Energia Centralizada x Distribuída.

O Sistema Interligado Nacional (SIN) dispõe na atualidade de três formas de geração energética. A primeira seria a geração centralizada, a qual é composta por usinas de grande porte, geralmente nos grandes centros consumidores; a geração distribuída é constituída por usinas de pequeno porte, mais próximas dos consumidores; e a geração isolada são formadas por sistemas que ficam nos próprios consumidores ou próximos aos mesmos. (Nakabatashi & Renny, 2015).

A geração centralizada tem grande vantagem por produzir energia em grandes proporções, pois o custo por MWh fica muito mais barato, diminuindo o valor mensal pago pelo consumidor. Contudo, há necessidade de construir grandes linhas de transmissão, as quais são muito caras, requerem grandes áreas para construção e trazem diversas repercussões ao meio ambiente. No caso da geração distribuída, o custo eleva-se, pois a quantidade de energia produzida é menor. Entretanto não há necessidade de construir grandes linhas de transmissão, o que diminui significativamente as perdas. No entanto, após o governo efetuar diversos reajustes e aumentar as taxas cobradas, torna-se cada vez mais rentável a utilização de sistemas alternativos pra redução do valor final, como por exemplo o

fotovoltaico, que além de diminuir o gasto com energia elétrica aumenta o valor agregado da edificação. (Nakabatashi & Renny, 2015).

Segundo Berenga (2012) gerar energia com a ausência total de poluição e com recursos praticamente inesgotáveis, apenas trazem vantagens à sociedade e ao meio ambiente. De acordo com Mancilha (2013) o custo de manutenção e de operação são quase nulos. Quando o conjunto está em funcionamento, o mesmo é silencioso e não interfere no ambiente que está situado, ainda que os módulos são resistentes às adversidades climáticas, como temperatura, granizo, umidade e vento.

Neto et al (2013) argumentam que após o ressarcimento do investimento inicial, a energia solar se tornará praticamente gratuita para o proprietário.

Com um metro quadrado de painel solar instalado, deixa-se de inundar 56 metros quadrados de terra necessários à construção de novas usinas hidrelétricas. E ainda, se comparar um milionésimo da energia do sol que recebemos em todo território do país durante o ano, seria capaz de suprir 54% do petróleo nacional, duas vezes a energia adquirida do carvão mineral e até quatro vezes a energia

gerada por uma hidrelétrica, levando em conta o mesmo período (SÁLES, 2008).

2.5 Visão Geral e Incentivos a Energia Solar.

Diante da necessidade de conter o aquecimento global, diversos países estão aderindo às políticas de incentivo ao uso de fontes alternativas de energia. Dentre elas, a solar recebe destaque para substituir fontes de origem fóssil, as quais são as maiores causadoras do efeito estufa, pois liberam CO₂ na atmosfera (Xavier e Kerr, 2004).

Conforme Energy Information Administration (EIA, 2014) a produção primária dos painéis fotovoltaicos aumentou 395% no período entre os anos de 2003 e 2013. A capacidade instalada chegou a 139 GWp. Durante o mesmo período a produção total de energia cresceu 17%. Destes, 56% são provenientes das energias renováveis.

A expansão da energia solar se dá, em parte, pela estabilização das indústrias fotovoltaicas. Em virtude do desenvolvimento tecnológico, aumento da demanda e da produção, o uso de energia limpa expandiu. Principalmente nos países mais desenvolvidos, como a Alemanha e Estados Unidos, que implantaram programas de incentivo a tal consumo (Esposito E Fuchs, 2013).

De acordo com Esposito e Fuchs (2013) o desenvolvimento tecnológico aconteceu principalmente na Alemanha, Estados Unidos e Japão. Porém, a China é quem lidera o ranking da produção de painéis fotovoltaicos atualmente.

2.5.1 Incentivos no Brasil.

Embora que de maneira tímida, muito aquém dos países líderes na produção de energias renováveis, o Brasil também recebe incentivos. Ministro de Minas e Energia, Eduardo Braga estimulou a geração de energia proveniente das placas solares, criando o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica, que permite o compartilhamento com a distribuidora de energia. O governo estima que até 2030, 2,7 milhões de unidades consumidoras sejam atingidas pelo programa. Para isto, o governo aponta investimentos de R\$ 100 bilhões. (Ministério de Minas e Energia, 2015)

Através dessa lei, não será preciso o proprietário consumir toda a energia gerada no momento, sendo que ela será inserida na rede e o consumidor vai ganhar créditos em KWh na sua conta de luz, referente à eletricidade gerada no mês. Outro incentivo oferecido para empreendimentos que injetam até 30.000 KW é a redução de até 80% das Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição e Transmissão (TUSD e TUST) nos 10 primeiros anos do projeto. Após o 11º ano o desconto passa a ser de 50% (ANEEL, 2012).

2.6 Armazenamento da Maçã.

O armazenamento de maçãs é uma atividade comum no Brasil, sendo que mais de 60% do volume armazenado esta sob o sistema de atmosfera e temperatura controlada. No entanto altas quantidades de hidrocarboneto acumulam no interior das câmaras, que além de incentivar sua própria síntese pela ocorrência de autocatalise, aceleram o amadurecimento da fruta. Por isso com a intenção de aumentar o tempo de armazenamento da fruta, torna-se necessário manter a temperatura próxima de 0 °C, remover o

etileno do ambiente e manter a umidade próxima a 96% conforme citam Brackmann e Saquet (1999). É estimado que consegue-se aumentar de 30 a 45 dias o tempo de armazenamento removendo o mesmo. A eficácia deste processo está totalmente ligada a eficiência do equipamento removedor, para manter uma baixa concentração de etileno no interior da câmara.

Brackmann et al. (2000) quanto menor a concentração de etileno durante o armazenamento da maçã, maior é a retenção da firmeza de polpa e foi observado também o aumento da qualidade em geral da fruta.

3. METODOLOGIA

3.1 Objetivo de Estudo.

A empresa CB Frutas se encontra na cidade de São Joaquim, no estado de Santa Catarina, tem produção própria de maçã, presta serviços de armazenagem e de classificação da fruta para outros produtores. Tem um fluxo aproximado de 5,5 mil toneladas de maçã classificadas, com capacidade de armazenagem de três mil toneladas por ano. Chega a empregar 25 funcionários na época de safra, quando a demanda aumenta.

Por São Joaquim ser um dos maiores pólos produtores de maçã do Brasil, mais da metade de sua economia é proveniente do plantio e do processo da fruta, a qual influencia diretamente na geração de empregos, no desenvolvimento econômico e social do município.

O critério de escolha da empresa se deu pelo interesse em diminuir os custos da produção, principalmente o de armazenagem, o qual necessita de muita energia elétrica pra manter a temperatura baixa e deixar a fruta em estado de dormência para se conservar o fruto ao longo do ano.

É importante mencionar que como o sistema se trata de uma fonte de energia renovável e ajuda o meio ambiente, se consegue financiar o projeto com juros baixos em bancos públicos e privados.

A empresa Tera Energia, ajudou a efetuar o dimensionamento do sistema, a qual é parceira do grupo WEG, que fornece equipamentos de alta qualidade existentes no mercado, proporcionando aos clientes a mais alta qualidade de serviço.

O presente estudo de caso utilizou o método dedutivo e qualitativo para efetuar a pesquisa, se aplicado, aumentará a lucratividade da empresa, pois irá diminuir o custo agregado da produção e consequentemente o empresário terá mais capital pra investir no seu negócio, fazendo com que agregue mais valor à sua empresa.

3.2. Os Procedimentos da Coleta dos Dados.

Este artigo usou do método da entrevista junto ao diretor da empresa no primeiro semestre de 2018, onde buscou conseguir dados para efetuar uma possível instalação de um sistema fotovoltaico.

Aplicou-se também a pesquisa documental para obter dados relativos sobre a edificação, o clima, a tarifa cobrada pelo governo, seu histórico de consumo de energia elétrica e analisar a variação dos seus gastos mensalmente.

3.3 Métodos da Análise dos Dados

Depois de obter os dados, foram analisados através de cálculos e tabelas, para dimensionar o sistema fotovoltaico corretamente. Foi discutido e comparado o resultado com as bibliografias abordadas neste trabalho.

3.4 Projeto do Sistema Fotovoltaico

Primeiramente pra dimensionar o projeto, é necessário localizar as coordenadas geográficas (latitude e longitude) do ponto desejado. Foi extraído da cresesb (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito) pelo programa *SunData* que destina os dados pra conseguir os valores da irradiação solar, em KWh/m² no plano horizontal, referente as médias de todos os meses do ano. A empresa estudada está localizada nas seguintes coordenadas Latitude: - 28.295347 e Longitude: -49.921862.

Para mensuração do consumo médio, foi coletado e verificado o consumo do último ano e posteriormente foi feito a média de consumo anual.

É relevante ressaltar que a concessionária determina um consumo mínimo de 100 kWh/mês para redes trifásicas, ou seja, por mais que o cliente não utilize ele é obrigado a pagar a taxa mínima, conforme citado por (Molgaro et al., 2012).

Com dados obtidos do programa *SunData*, pertencente ao Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito – CRESESB, o qual tem a função de calcular a irradiação diária média mensal (HSPma) em qualquer parte do território nacional, podendo ser avaliados os níveis de radiação solar incidente na região da cidade de São Joaquim.

3.4.1 Dimensionamento dos Painéis Fotovoltaicos.

Para o sistema em questão, é mais interessante economicamente planejar o sistema pra suprir toda a energia média consumida, pois como a empresa tem um gasto sazonal de energia elétrica é viável ter créditos excedentes para usar nos meses com o maior consumo de energia. Esses créditos tem uma validade de 60 meses para serem usados (Cooper e Martins Junior, 2013).

Conforme o procedimento pra dimensionar Sistemas Fotovoltaicos presente no manual de engenharia do Centro de Pesquisas de Engenharia Elétrica – CEPEL (2014) é possível calcular a potência do sistema a partir da equação 1.

$$P_{fv} = \frac{E/TD}{HSPma} \quad (1)$$

Onde:

P_{fv} – Potência de pico do sistema fotovoltaico [Wp]
E – Consumo diário médio da edificação [Wh/dia]
TD – Taxa de desempenho do sistema – [adimensional]
HSPma – Número de horas de sol pleno em média diária a uma intensidade de 1000W/m² [h].

Segundo a empresa fabricante JA SOLAR, é interessante atribuir um valor fixo para a taxa de desempenho (TD=0,75), a qual estima diversas perdas no sistema, como,

sombra ou poeira sobre os módulos, eficiência do inversor, perdas nos condutores, redução da energia absorvida pelas placas devido o excesso de calor, pois quanto maior a temperatura interna, menor será sua eficiência.

Conforme as especificações técnicas do fabricante, é possível determinar a quantidade necessária de painéis para produzir energia suficiente ao consumo diário. Equação 2 - mostra a quantidade de energia diária gerada:

$$E_d = HSP_{max} \times P_{módulo} \times TD \quad (2)$$

Onde:

E_d – Energia gerada diariamente por um módulo solar [Wph/Dia]
P_{Módulo} – Potência nominal de um módulo solar [Wp]
TD – Taxa de desempenho (0,75)

3.4.2 Dimensionamento do Inversor.

O inversor tem como as suas principais funções: Transformar a corrente contínua em alternada e sincronizar o sistema com a rede pública. Por o sistema estar conectado à rede, se faltar energia, será compensada pela mesma, o que dispensa a necessidade de baterias

Primeiramente necessitará verificar a tensão total do sistema, para encontrar um inversor compatível através da equação 3:

$$V_{ts} = V_{oc} \times N_{ps} \quad (3)$$

Onde:

V_{ts} – Tensão Total Série dos Painéis [V]
V_{oc} – Tensão de Circuito Aberto do painel [V]
N_{ps} – Número de Módulos Fotovoltaicos

Equação 4 mostra tensão total corrigida pelo efeito da temperatura:

$$V_{\Delta t} = V_{ts}(1 - \beta \Delta t) \quad (4)$$

Onde:

V_{Δt} – Tensão corrigida pelo efeito da temperatura [V];
Δt – Variação de temperatura possível [°C];
β – Coeficiente de temperatura da tensão [mV/Célula.°C];

Equação 5 mostra corrente máxima:

$$I_{fvMáx} = \frac{P_{TGerada}}{V_{\Delta t}} \quad (5)$$

Onde:

I_{FVMáx} – Corrente Máxima de Entrada [A];
P_{TGerada} – Máxima Potência Gerada pelo Sistema [Wp];

3.4.3 Rendimento e Performace.

A fim de examinar o valor da energia que foi gasta internamente depois do sistema instalado, utiliza-se a equação 6 para descobrir o rendimento real da instalação e determinar se o valor nominal está sendo de fato entregue

corretamente. Assim determinando se houve algum erro de instalação.

$$PR = \frac{\text{Rendimento Real do Sistema} \left(\frac{\text{KWh}}{\text{ano}} \right)}{\text{Rendimento Nominal do Sistema} \left(\frac{\text{KWh}}{\text{ano}} \right)} \quad (6)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão divididos entre: Dimensionamento dos painéis fotovoltaicos (Seção 4.1); Dimensionamento dos inversores (Seção 4.2); Investimento

total do sistema (Seção 4.3); Informações finais do sistema (Seção 4.4).

4.1 Dimensionamento dos Painéis Fotovoltaicos.

Para efetuar a dimensão correta do projeto, primeriramente localizou-se as coordenadas geográficas, determinando o valor da irradiação solar como mostra na figura 3 e se chegou a uma conclusão, que o Brasil tem um grande potencial de irradiação solar independente da região, como pode ser visto na pesquisa Rocha et al., (2014) que encontrou valores parecidos de incidência solar no estado do Maranhão, abrangendo valores entre 4,2 kWh/m² a 6,3 kWh/m².

Latitude: 28,295347° S
Longitude: 49,921862° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]		Distância [km]												Média	Delta	
					Latitude [°]	Longitude [°]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez			
✓	Sao Joaquin	Sao Joaquin	SC	BRASIL	28,301° S	49,949° O	2,7	5,85	5,49	4,79	3,93	3,01	2,61	2,88	3,67	3,91	4,88	6,09	6,40	4,46	3,79
✓	Sao Joaquin	Sao Joaquin	SC	BRASIL	28,301° S	49,849° O	7,2	5,78	5,43	4,73	3,92	3,00	2,62	2,88	3,68	3,90	4,85	6,03	6,35	4,43	3,73
✓	Sao Joaquin	Sao Joaquin	SC	BRASIL	28,201° S	49,949° O	10,8	5,88	5,53	4,82	3,93	3,01	2,61	2,86	3,66	3,91	4,85	6,05	6,35	4,45	3,74

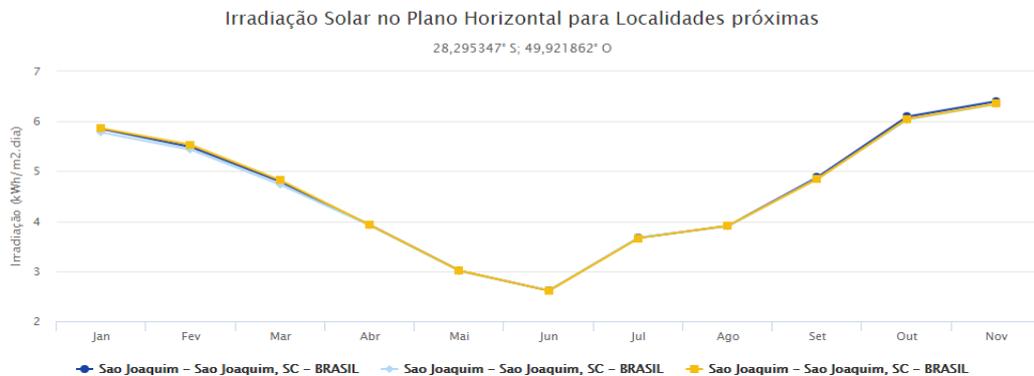


Fig. 3: Irradiação solar segundo as coordenadas geográfica. Fonte: Cresesb (2018)

Tabela 1 - Consumo de energia elétrica em 2017 na empresa estudada

Mês	Consumo (Kwh)
Janeiro	679
Fevereiro	12510
Março	35332
Abril	33289
Mai	24778
Junho	23323
Julho	18402
Agosto	17653
Setembro	11359
Outubro	11826
Novembro	9173
Dezembro	13569
Média Anual (Kwh/ano)	17659,41

Após coletar os dados do consumo diário, taxa de desempenho do sistema, e o número de horas que o sol incide sobre a região, determinou-se a potência de pico do sistema, através da resolução da Equação 1.

$$P_{fv} = \frac{E/TD}{HSPma} = \frac{48,381/0,75}{4,46} = 14463,6 \text{ Wp} \quad (7)$$

Depois de determinar a potência pico do sistema, consegue-se escolher o painel mais indicado conforme a Tabela 2.

Outro fator indispensável para analisar a quantidade de painéis necessários, é levar em conta a sua vida útil e compreender que há um desgaste natural do equipamento. O fabricante JA SOLAR declara que em 25 anos de uso as placas terão 20% de perda máxima na sua eficiência, a qual, é considerada uma perda significativa para o presente estudo, gerando a necessidade de se otimizar mais placas, tendo em vista que o sistema sofrerá uma perda com o passar dos anos.

Tabela 2 – Características do painel

CARACTERÍSTICAS	Valores
Potência Nominal	330Wp
Tensão Nominal	37.8 V
Corrente Nominal	8.73 A
Corrente de Curto-circuito	9.33 A
Tensão de Circuito aberto	46.2 V
Eficiência de Módulo	0.17 %
Peso	25,5 kg

Mesmo no fim da sua vida útil, o sistema deve entregar potência necessária para manter o abastecimento energético. Dessa forma será projetado a partir da sua potência necessária constante, baseado nos 439 módulos (14463,6 KWp) e a respectiva curva de pot/tempo, conforme a figura 4. Nota-se que a quantidade de energia gerada ao longo dos anos vai diminuindo muito, privando o sistema de atender a

demanda necessária. Assim, com a utilização de cento e onze placas fotovoltaicas a mais, geraria energia suficiente para suprir o sistema ao longo dos anos, visando também um possível aumento de carga futuramente de acordo com a figura 5.

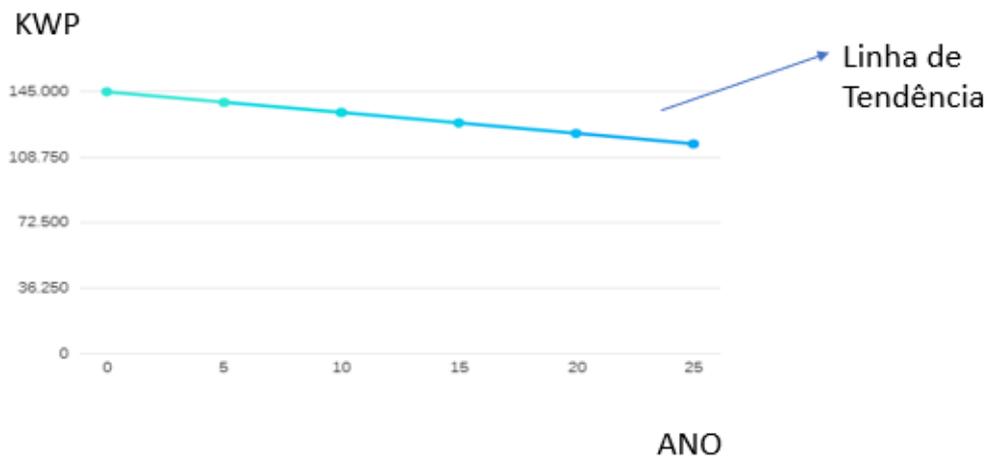


Fig. 4: Curva energética gerada para quatrocentos e trinta e nove módulos.

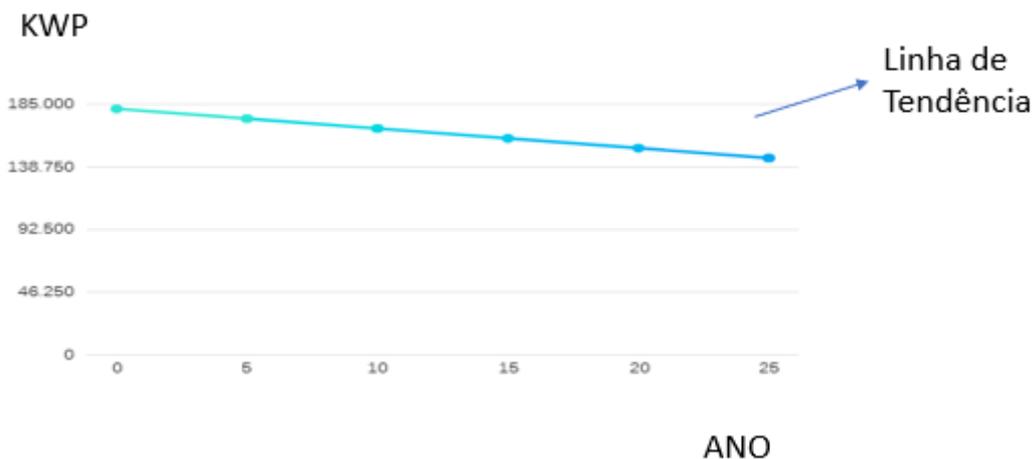


Fig. 5: Curva energética para quinhentos e cinquenta módulos.

Logo, há um excesso de energia elétrica produzida ao longo dos primeiros anos, porém, este excedente é injetado na rede elétrica da concessionária gerando um ressarcimento na forma de créditos acumulados, os quais tem uma validade de 60 meses para utilizar, conforme à resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2015).

A Equação 2 determina a quantidade de energia gerada por dia.

$$Ed = HSP_{max} \times P_{módulo} \times TD$$

$$Ed = 4,46 \times 330 \times 0,75$$

$$Ed = 1103,85 \text{ Wph/Dia}$$

As informações finais dos módulos fotovoltaicos na Tabela 3.

Tabela 3 – Informações finais dos módulos. Fonte: CEPEL (2014)

Características	Dados
Número de Painéis (Quant)	550
Energia Diária Gerada por Painel (Wph/dia)	1103,85 Wph/Dia
Energia total Gerada por Dia (kWph/dia)	607.117 KWph/Dia
Peso Total (Kg)	14025 Kg

4.2 Dimensionamento dos Inversores

A Equação 3 determina a tensão total dos painéis para que possa utilizar o inversor adequado.

$$V_{ts} = Voc \times Nps$$

$$V_{ts} = 46,2 \times 550$$

$$V_{ts} = 25410 \text{ V}$$

Para corrigir a tensão por efeito da temperatura, utiliza-se a equação 4, a qual determina que o coeficiente de temperatura $\beta = 2,3 \text{ mV/célula.}^\circ\text{C}$ e a temperatura de operação está em 47°C .

$$V_{\Delta t} = V_{ts}(1 - \beta \Delta t)$$

$$V_{\Delta t} = 25410 [1 - 0,0023 \times (47 - 25)]$$

$$V_{\Delta t} = 24124,25 \text{ V}$$

Depois da tensão corrigida da entrada CC., consegue-se efetuar o cálculo da corrente máxima do sistema através da Equação 5.

$$IFV_{Máx} = \frac{PT_{Gerada}}{V_{\Delta t}}$$

$$IFV_{Máx} = \frac{18150000}{24124,25}$$

$$IFV_{Máx} = 752,36 \text{ A}$$

Após todas as informações coletadas, consegue-se dimensionar os inversores corretos para o sistema, mostrado na Tabela 4.

4.3 Investimento Total do Sistema.

De acordo com a Tabela 5, pode-se determinar o orçamento para instalar o sistema fotovoltaico, o qual foi feito em parceria com a empresa Tera Energia, especialista em energia fotovoltaica.

4.4 Informações Finais do Sistema Proposto.

Conforme apontado na figura 6, é possível determinar as informações do sistema proposto. Como pode ser analisado na figura 6 o custo de instalação para estes sistemas ainda se encontra em um preço razoável, com o retorno do investimento estimado em 6 anos e meio, Santos et al., (2016) ressalta em sua pesquisa, que também se torna atrativa a viabilidade de instalar o sistema e pagar no decorrer dos anos, pois em seu estudo, provou-se que, o sistema leva menos de 4 anos pra se pagar.

Como pode ser analisado tabela 6, a tarifa tem um crescimento médio anual de 10%, tornando a energia elétrica mais cara no decorrer dos anos, sendo mais um ponto positivo para a instalação deste sistema. Se comparar 10 anos após a instalação do sistema, o mesmo irá gerar 217% da receita anual do primeiro ano.

Tabela 4 - Dimensionamento do inversor fotovoltaico. Fonte: CEPEL (2014).

Características	Dados
Tensão Total em Série dos Painéis (V)	25410,00 V
Potência Total do Agrupamento Fotovoltaico (KW)	181,500 KW
Tensão Corrigida pelo Efeito da Temperatura (V)	24124,25 V
Corrente Máxima de Entrada (A)	752,36 A

INFORMAÇÕES DO SISTEMA PROPOSTO

> Energia média gerada	17573,03
> Percentual de abatimento	100%
> Receita média gerada	R\$7.732,13
> Quantidade de módulos	550
> Possibilidade de Ampliação	3%
> Potência dos módulos	330,00

INVESTIMENTO

INVESTIMENTO	R\$	617.332,00
A VISTA	R\$	598.812,00

kWh/mês **POTÊNCIA DO SISTEMA**
181,50 kWp



Fig. 6: Informações do sistema proposto. Fonte: Tera Energia (2018)

Tabela 5 – Investimento total do sistema.

GERADOR FOTOVOLTAICO DE 181,5 KWP		PREÇO UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
QUANTIDADE	MATERIAL		
550	Módulo Policristalino 330 Wp	R\$ 701,88	R\$ 386.034,38
3	Inversor SIW500H ST 040	R\$ 25.242,61	R\$ 75.727,84
1	Inversor SIW500H ST 030	R\$ 21.035,51	R\$ 21.035,51
2	Monitoramento SolarView	R\$ 617,06	R\$ 1.234,12
0	Protetor surto CC DPS CC 1000 vcc 40KA	R\$ 385,28	R\$ -
4	Protetor surto CA SPW275-20	R\$ 26,40	R\$ 105,60
36	Conector MC4 6 mm ²	R\$ 4,18	R\$ 150,53
800	Cabo CC Condumax Solarmax Flex Sn 6 mm ² PT	R\$ 3,72	R\$ 2.975,15
800	Cabo CC Condumax Solarmax Flex Sn 6 mm ² VM	R\$ 3,72	R\$ 2.975,15
3	Disjuntor CA MDW-B70-3	R\$ 40,56	R\$ 121,67
1	Disjuntor CA MDWH-B63-3	R\$ 34,81	R\$ 34,81
		R\$ 490.394,76	
12	Estrutura para telhado fibrocimento 3 módulos em retrato	R\$ 271,90	R\$ 534,80
136	Estrutura para telhado fibrocimento 4 módulos em retrato	R\$ 337,30	R\$ 45.872,60
			R\$ 536.811,15
MÃO DE OBRA INSTALAÇÃO + MATERIAIS EXTRAS + PROJETO		R\$ 80.51,67	
TOTAL			R\$ 617.332,82

Fonte: Tera Energia (2018)

Tabela 6: Tempo de retorno do investimento.

Ano	Geração		Receitas		Fluxo de Caixa	
	Geração	Tarifa	Reembolso	FC anual	FC Acumulado	
0	-	R\$0,32	R\$0,00	-R\$617.332,82	-R\$617.332,82	
1	211.893,00	R\$0,35	R\$74.586,34	R\$73.351,67	-R\$543.981,15	
2	206.595,68	R\$0,39	R\$79.993,85	R\$78.635,71	-R\$465.345,44	
3	205.149,51	R\$0,43	R\$87.377,28	R\$85.883,33	-R\$379.462,10	
4	203.713,46	R\$0,47	R\$95.442,20	R\$93.798,86	-R\$285.663,24	
5	202.287,46	R\$0,52	R\$104.251,52	R\$102.443,84	-R\$183.219,40	
6	200.871,45	R\$0,57	R\$113.873,93	R\$111.885,49	-R\$71.333,92	
7	199.465,35	R\$0,62	R\$124.384,49	R\$122.197,21	R\$50.863,29	
8	198.069,09	R\$0,69	R\$135.865,18	R\$133.459,17	R\$184.322,46	
9	196.682,61	R\$0,75	R\$148.405,54	R\$145.758,92	R\$330.081,38	
10	195.305,83	R\$0,83	R\$162.103,37	R\$159.192,09	R\$489.273,48	
11	193.938,69	R\$0,91	R\$177.065,51	R\$173.863,11	R\$663.136,58	
12	192.581,12	R\$1,00	R\$193.408,66	R\$189.886,01	R\$853.022,60	
13	191.233,05	R\$1,10	R\$211.260,28	R\$207.385,37	R\$1.060.407,96	
14	189.894,42	R\$1,22	R\$230.759,60	R\$226.497,20	R\$1.286.905,16	
15	188.565,16	R\$1,34	R\$252.058,71	R\$247.370,07	R\$1.534.275,23	
16	187.245,20	R\$1,47	R\$275.323,73	R\$270.166,23	R\$1.804.441,46	
17	185.934,49	R\$1,62	R\$300.736,11	R\$295.062,86	R\$2.099.504,31	
18	184.632,95	R\$1,78	R\$328.494,05	R\$322.253,47	R\$2.421.757,79	
19	183.340,52	R\$1,96	R\$358.814,05	R\$351.949,42	R\$2.773.707,20	
20	182.057,13	R\$2,15	R\$391.932,59	R\$384.381,49	R\$3.158.088,69	
21	180.782,73	R\$2,37	R\$428.107,97	R\$419.801,76	R\$3.577.890,45	
22	179.517,25	R\$2,60	R\$467.622,34	R\$458.485,50	R\$4.036.375,95	
23	178.260,63	R\$2,87	R\$510.783,88	R\$500.733,36	R\$4.537.109,31	
24	177.012,81	R\$3,15	R\$557.929,23	R\$546.873,66	R\$5.083.982,97	
25	175.773,72	R\$3,47	R\$609.426,10	R\$597.264,97	R\$5.681.247,94	

Kamali, (2016), retrata em sua pesquisa que o alto custo inicial foi o fator mais limitante no uso generalizado do sistema fotovoltaico, no entanto, com os custos do sistema em queda, prova-se que ele pode ser mais competitivo em comparação aos recursos energéticos convencionais.

Visto que a empresa estudada tem um consumo de luz sazonal, como pode ser visto na figura 7, é interessante fazer um compensamento nos meses onde o consumo é menor,

pois, segundo a resolução da normativa (REN 687) o usuário poderá injetar o seu excedente na rede gerando créditos com validade de 60 meses (Resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015).

Na Figura 7 é possível identificar a variação mensal do consumo de energia elétrica da empresa estudada, mostrando que metade do ano o consumo é maior que a geração de energia fotovoltaica.



Fig. 7: Consumo x Geração. Fonte – Tera Energia (2018).

5. CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou a importância da utilização da energia solar para gerar eletricidade na região serrana de Santa Catarina, neste caso aplicado em São Joaquim na empresa CB Frutas.

Os índices de irradiação solar na região serrana mostrado no mapa de radiação solar, é superior se comparados aos de países que são referências mundiais no uso da energia fotovoltaica os quais investem muito em novas tecnologias e desenvolvimento, para tornar a energia solar mais viável e competitiva. No entanto com a crise energética que o Brasil vem passando, se espera que o governo auxilie ainda mais a difundir esta tecnologia, a qual vai ser responsável por gerar uma infinidade de novos empregos diretos e indiretos, e também por reduzir significativamente na degradação do meio ambiente.

A implantação do sistema torna-se cada vez mais viável e interessante, principalmente porque todo ano é anunciado um novo aumento da tarifa elétrica pelas concessionárias, influenciando na procura por sistemas fotovoltaicos.

Apesar do custo inicial ser razoavelmente elevado, a empresa pagará o investimento em 79 meses, após o pagamento do mesmo foi estimado que a empresa deixará de perder aproximadamente R\$ 120,000,00 por ano segundo a norma REN 687, 2015).

Este trabalho tem como sua principal intenção de incentivar a implantação destes sistemas e sugerir para as empresas, que existem maneiras alternativas de reduzir os custos totais da produção. Projetos como este utilizam recursos inesgotáveis, os quais vão de encontro com os problemas ambientais enfrentados em todo o mundo, fazendo com que se crie soluções para os problemas criados pelo homem.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2012). resolução normativa N° 482. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em 20 de abril de 2018.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2015). Resolução normativa N° 687. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em 22 de abril de 2018.

(IEA) Agência Internacional de Energia: Carvão. (2017). Disponível em: < <https://www.iea.org/> > Acesso em: 05 mar. 2018.

Aguiar, R. (2017). Participação de renováveis na matriz energética brasileira é três vezes superior ao indicador mundial. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/participacao-de-renovaveis-na-matriz-energetica-brasileira-e-tres-vezes-superior-ao-indicador-mundial >. Acesso em 10 mar. 2018.

Ami, Z. A. (2018). Energia solar é a maior empregadora de energia renovável, gerando cerca de 2,4 milhões de empregos. Disponível em < <http://energiaheliotermica.gov.br/pt-br/noticias/682-energia-solar-e-a-maior-empregadora-de-energia-renovavel-gerando-cerca-de-34-milhoes-de-empregos> > Acesso em: 28 maio, 2018.

Baqui et al (2003). Gerador Eólico de baixo custo para comunidades remotas. 269f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Industrial Elétrico-Eletrotécnica) - Centro federal de educação tecnológica do Paraná, Curitiba.

Becker, Et al (2016). O custo do branho e a reutilização da água. 20 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, – Ciências Tecnológicas do Centro Universitário Franciscano, Santa Maria.

Baqui et al. (2003). Gerador Eólico de baixo custo para comunidades remotas. 269f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Industrial Elétrico-Eletrotécnica) - Centro federal de educação tecnológica do paraná, Curitiba, 2003.

Becker, Et al. (2016). O custo do branho e a reutilização da água.. 20 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, – Ciências Tecnológicas do Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2016.

- Berlenga, J. F. F. (2012). *Estudo de viabilidade de uma instalação fotovoltaica num edifício existente*. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA, Lisboa.
- Bermann, Célio (2001). *Energia no Brasil: para quê? Para quem?* São Paulo: Editora Livraria da Física.
- BMR Freitas, L Hollanda (2015). *Micro e Minigeração no Brasil: Viabilidade Econômica e Entraves do Setor*. Disponível em : < <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/13853/micro.pdf?sequence=1&isAllowed=y> > Acesso em: 20 mar, 2018.
- Brackmann, A. et al (2000). Armazenamento de maçã Royal Gala sob diferentes concentrações de etileno. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, **6**, 1, 39-41.
- Brackmann, A.; Saquet, A.A.(1999). Low ethylene and rapid CA storage of ‘Gala’ apples. *Acta Horticulturae*, 485, 7983.
- CEPEL –CRESESB, Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES (2014). *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*.
- Colle, S.; Pereira, E. B. (1996). *Atlas de Irradiação Solar do Brasil*. Florianópolis: LABSOLARINMET.
- Cooper, E., Martins J., Morales, W. (2013). Aplicação de Painéis Solares Fotovoltaicos Como Fonte Geradora Complementar de Energia Elétrica em Residências. Trabalho de Conclusão de Curso, Setor de Tecnologia – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CRESESB. Centro de Referência para energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. (2018). Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundat_a&> Acesso em: 28 mar.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Matriz Energética e Elétrica (2016). Disponível em: < <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> > Acesso em: 7 mar. 2018
- Esposito, A. S.; Fuchs, P. G. (2013). Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. *Revista do BNDES*, **40**, 85-114. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev4003.pdf. Acesso em 10 de mar de 2018.
- Favaretto, A. J. (1997). Uma abordagem evolutiva e ecológica. São Paulo, Moderna. Disponível em: < <http://www.moderna.com.br/moderna/fisica/faces/Cap.4.3.pdf> > Acesso em: 20 abr. 2018.
- Fragkos P., Tasios N., Paroussos L., Capros P., Tsani S. (2017). Energy system impacts and policy implications of the European Intended Nationally Determined Contribution and low-carbon pathway to 2050. *Energy Policy*, **100**, 216-226.
- Goldemberg, J. (1998). 8 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.
- International Renewable Energy Agency. (2017). *Renewable Energy and Jobs*. Disponível em: < <https://www.ambienteenergia.com.br/wp-content/uploads/2017/05/Energia-Renov%C3%A1vel-e-Emprego-Revis%C3%A3o-Anual-2017-Ambiente-Energia.pdf> > Acesso em: 20 mar. 2018.
- Instituto Ideal. *Eleticidade Solar: Cartilha Educativa*. (2007). Disponível em: <www.institutoideal.org >. Acesso em: 21 de mai 2018.
- J.A. Solar. Fabricante de Produtos Fotovoltaicos. Disponível em: < <http://www.jasolar.com/html/en/> > Acesso em: 24 de mai 2018.
- Kafruni, S. (2014). Priorização de hidrelétricas agravou crise de energia no Brasil. Disponível em: < https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2014/05/12/internas_economia,527691/priorizacao-de-hidreletricas-agravou-crise-de-energia-no-brasil.shtml > Acesso em: 12 mar. 2018.
- Kamali S. (2016). Feasibility analysis of standalone photovoltaic electrification system in a residential building in Cyprus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **65**, 1279-1284.
- Lobato, E. (2009). A mineração brasileira: projeto de assistência técnica ao setor de energia. Brasília: Ministério de Minas e Energia - MME, 32 p.
- Mancilha, K. C. (2013). Aplicação de energia fotovoltaica para prédios administrativos e áreas industriais. 83f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.
- Marinoski, D. L.; Salamoni, I. T.; Rüther, R. (2004). Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável. São Paulo, Brasil.
- Ministério de minas e energia (2015). Brasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030 > Acesso em: 15 mar. 2018
- Molgaro, R. J. et al. (2012). Dimensionamento de Um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede para Uma Residência Unifamiliar na Região Urbana de Cascavel – PR. *Revista Acta Iguazu*, **1**, 3.
- Nakabayashi, R. (2015). *Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica*. Tese de Mestrado, Instituto de Energia e Ambiente da USP, São Paulo.
- Neto, A. B. M.; Nunes, G. B.; Silva, M. A. (2013). Uso de painéis solares e sua contribuição para preservação do meio ambiente. *Bolsista de Valor*, Instituto Federal Fluminense, n.1, p.157-161, 2013.
- ONUBR (2015). Até 2030 planeta pode enfrentar déficit de água de até 40%, alerta relatório da ONU. Disponível em : < <https://nacoesunidas.org/ate-2030-planeta-pode-enfrentar-deficit-de-agua-de-ate-40-alerta-relatorio-da-onu/> > Acesso em: 05 mar. 2018.
- Pereira, E. B.; Martins, F. Ramos; A., Samuel Luna; R., R. (2006). *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. São José dos Campos: INPE.
- Pinho, J; Galdino, M. A. (2014). *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro.
- Rocha, L. da Silva et al. O potencial de geração de energia fotovoltaica integrada a rede pública de distribuição: “um exemplo de açailândia para o maranhão”. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 1-21.
- Rockman, R. (2011). Geração Solar ensaia os primeiros passos em estádios. *Jornal Valor Econômico*. Disponível em: < <http://www.valor.com.br/brasil/1077098/geracao-solar-ensaia-os-primeiros-passos-em-estadio> >. Acesso em 20 mar 2018.
- Rüther, R. (2004). Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. LABSOLAR, 114.

- Salés, I. C. F. (2008). Análise da Substituição do Chuveiro Elétrico por Aquecedor Solar: Uma Contribuição ao Setor Elétrico na Conservação de Energia. 158f.
- Santos, D. et al. (2016). Energia solar fotovoltaica: um estudo de caso da aplicação no sistema de iluminação em uma instituição de ensino profissionalizante. Geintec, Belo Horizonte, 1-17.
- Silva, P. J. D. (2014). Usinas Hidrelétricas do século XXI: Empreendimentos com restrições à hidroeletricidade. *Revista Engenharia*.
- Uczai, P. (2012). Energias Renováveis riqueza sustentável ao alcance da sociedade. Câmara dos deputados, n.10, p.1-273. Brasília-DF.
- Udaeta, M. E. M. (1997). Planejamento integrado de recursos energéticos –pir– para o setor elétrico (pensando o desenvolvimento sustentável). 373f. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas de Potência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP.
- United States Energy Information Administration (EIA). (2014). *Monthly Energy Review*. Disponível em: <http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/mer.pdf> f. Acesso em 20 de dezembro de 2014.
- Xavier, M. E., Rehder, K., Américo S.(2004). A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. 25 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Instituto de Física Usp, Usp, Sao Paulo.
- World population prospects the 2017 revision. 2017. Disponível em: https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- Zhou, A., Oliveira, R. (2007). Desenvolvimento, conflitos sociais e violência no Brasil rural: o caso das usinas hidrelétricas. *Ambiente & Sociedade*, **10**,2, 119-135.