



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

FRANCISCO JOSÉ DE SOUZA OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA DE UM SISTEMA
FOTOVOLTAICO INSTALADO EM UMA FÁBRICA DE CACHAÇA NA
CIDADE DE PETROLINA - PE**

Juazeiro - BA
2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

FRANCISCO JOSÉ DE SOUZA OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA DE UM SISTEMA
FOTOVOLTAICO INSTALADO EM UMA FÁBRICA DE CACHAÇA NA
CIDADE DE PETROLINA - PE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, *Campus* Juazeiro, como requisito parcial para obtenção título de Bacharel em Engenharia de Produção. Orientadora: Profa. Dra. Vivianni Marques Leite dos Santos.

Juazeiro – BA
2017

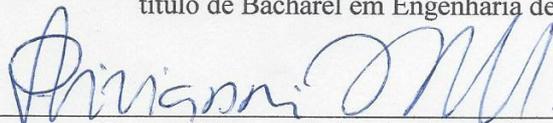
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

FOLHA DE APROVAÇÃO

FRANCISCO JOSE DE SOUZA OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA DE UM SISTEMA
FOTOVOLTAICO INSTALADO EM UMA FÁBRICA DE CACHAÇA NA
CIDADE DE PETROLINA - PE**

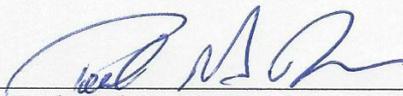
Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia de Produção.



Vivianni Marques Leite dos Santos, Dra. - (UNIVASF)
Orientadora



Francisco Ricardo Alves, Dr. - (UNIVASF)
Co-orientador



Paulo Roberto Ramos Dr. - (UNIVASF)
Avaliador Interno

Aprovado pelo Colegiado de Engenharia de Produção em 01/06/2017

| | |
|------|---|
| | Oliveira, Francisco José de Souza |
| O48a | Avaliação ambiental e econômica de um sistema fotovoltaico instalado em uma fábrica de cachaça na cidade de Petrolina - PE / Francisco José de Souza Oliveira. -- Juazeiro, 2017. |
| | xi, 32 fil. ; 29 cm. |
| | Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, <i>Campus</i> , Juazeiro-BA, 2017. |
| | Orientador (a): Prof.(a) Dr ^a . Vivianni Marques Leite dos Santos Co-Orientador: Prof. Dr. Francisco Ricardo Duarte |
| | 1. Energia solar. 2. Sistema fotovoltaico. 3. Sustentabilidade. I. Título. II. Santos, Vivianni Marques Leite dos. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco. |
| | CDD 621.47 |

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF
Bibliotecário: Renato Marques Alves

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus criador do céu e da terra o qual me deu a vida, à minha família fonte de amor e carinho; aos meus amigos que sempre estão juntos em todos os momentos e aos professores por toda a contribuição acadêmica e ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, que é PAI, FILHO E ESPIRITO SANTO, TODO PODEROSO, CRIADO DO CEU E DA TERRA. Deus é bom e justo o tempo todo, e sem Ele não somos nada. Em segundo lugar agradeço a minha MÃE, mulher guerreira, determinada, mulher que suporta e que não desiste, que está presente em todos os momentos da minha vida, me apoiando, me ensinando, me criticando, me enchendo de carinho e amor verdadeiro. Quero agradecer também, com muito pesar no coração a meu PAI, que hoje se encontra junto ao pai celestial. Um homem que me ensinou a seguir e a nunca desistir, através do seu exemplo me ensinou a ser forte e buscar os verdadeiros ideias independentemente das circunstâncias, a ele eu tenho todo o meu amor e admiração pelo grande pai que foi. Agradeço a meu IRMÃO por todo o apoio que me dá, por sempre está ao meu lado e simplesmente por ser irmão de verdade. Agradeço ainda a minha namorada, por me apoiar e está comigo em todos os momentos os quais precisei.

Agradeço também a toda a minha família, a qual é fonte de amor verdadeiro. Família está que me ajudou em muitos momentos da minha vida, onde sem esse apoio eu não chegaria até aqui, agradeço infinitamente a cada um, tio(a), primo(a).

Obrigado Senhor também pelos amigos os quais, alguns em especial, me acompanharam presencialmente nessa caminhada acadêmica, sem eles a vida não seria a mesma, não teria o gostinho de viver, e compartilhar cada momento ao lado deles foi de extrema importância para mim. Agradeço ainda a família VIKING, na pessoa de Sr. José Paulo Bories, o qual abriu-me as portas para o aprendizado e a oportunidade. Agradeço ao professor Dr. Paulo Ramos, por se disponibilizar e aceitar o convite em participar da minha banca avaliadora. Agradeço também a minha orientadora e amiga prof. Dra. Vivianni Marques, obrigado pelas brincadeiras, por me convidar para o grupo de música, kkk pelos conselhos, pelas broncas..kkk. Agradeço também ao professor Dr Francisco Ricardo Duarte, pessoa sábia e humilde, formador de opiniões e amigo, obrigado por toda a disponibilidade caro professor. Em fim, agradeço a cada um que de uma forma ou de outra colaboraram a cada dia, e contribuíram com esse grande Dom fornecido por Deus que é a vida. Obrigado a Todos.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota” (Madre Tereza de Calcutá).

OLIVEIRA, Francisco José de Souza. **Avaliação ambiental e econômica de um sistema fotovoltaico instalado em uma fábrica de cachaça na cidade de Petrolina – PE**. Graduação em Engenharia de Produção. Juazeiro (BA). Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2017.

RESUMO

A utilização de energia renovável está sendo cada vez mais frequente no Brasil. As novas fontes renováveis vêm trazendo muitos benefícios em escala local e mundial. Aproximadamente 74% da energia do país provêm das hidrelétricas, as quais, devido a escassez de chuvas, não consegue atender a alta demanda e, conseqüentemente, acaba encarecendo o valor da energia gerada. Acredita-se que, em 2050, previsão do Plano Nacional de Energia, é de que 13% da demanda nacional seja suprida com energia solar. As empresas, pensando em reduzir custos e serem sustentáveis, estão cada vez mais aderindo à energia fotovoltaica. Esse estudo teve por objetivo analisar, economicamente e ambientalmente, através de dados ofertados pela própria empresa, os benefícios, da energia fotovoltaica, trazidos pela aquisição e instalação do sistema fotovoltaico. Foi traçado um comparativo de consumo de energia, antes e após a instalação do sistema, possibilitando avaliar as vantagens e desvantagens tanto em âmbito econômico como ambiental. Observaram-se resultados favoráveis para o tempo de *payback*, o qual pode ser obtido em no máximo 10 anos de uso do sistema solar. Constatou-se ainda que a estimativa de geração foi superada podendo, com isso, reduzir o tempo de retorno do investimento. Quanto aos aspectos ambientais, foram identificados fatores positivos. Entre os principais podem ser citado o fato que se de uma energia limpa, sustentável e renovável. Quanto aos fatores negativos, podemos citar a baixa eficiência dos painéis fotovoltaicos, os quais perdem em média 1% de eficiência a cada ano, a ausência de orientação ao descarte ideal do material ao final de sua vida útil, que no geral é estimada entre 25 e 30 anos, e por fim, o elevado custo de implantação do sistema.

Palavras Chave: Sustentabilidade, Energia Fotovoltaica, Custos, Meio Ambiente.

OLIVEIRA, Francisco José de Souza. **Environmental and economic evaluation of a photovoltaic system installed in a cachaça factory in the city of Petrolina - PE**. Graduation in Production Engineering. Juazeiro (BA). Federal University of the São Francisco Valley, 2017.

ABSTRACT

The use of renewable energy is becoming more frequent in Brazil. New renewable sources have brought many benefits on a local and global scale. Approximately 74% of the country's energy comes from hydroelectric dams, which, due to the scarcity of rain, can not meet the high demand and, consequently, end up increasing the value of the energy generated. It is believed that in 2050, the National Energy Plan forecast that 13% of the national demand will be supplied by solar energy. The companies, thinking of reducing costs and being sustainable, are increasingly adhering to photovoltaic energy. This study aimed to analyze, economically and environmentally, through data offered by the company itself, the benefits of photovoltaic energy brought by the acquisition and installation of the photovoltaic system. A comparison of energy consumption, before and after the installation of the system, was made, making it possible to evaluate the advantages and disadvantages in both economic and environmental terms. Favorable results were observed for the payback time, which can be obtained in a maximum of 10 years of use of the solar system. It was also verified that the generation estimate was exceeded, which could reduce the investment return time. Regarding the environmental aspects, positive factors were identified. Among the main ones can be mentioned the fact that of a clean energy, sustainable and renewable. Regarding the negative factors, we can cite the low efficiency of photovoltaic panels, which lose on average 1% efficiency each year, the absence of orientation to the ideal disposal of the material at the end of its useful life, which is generally estimated between 25 And 30 years, and finally, the high cost of implementing the system.

Keywords: Sustainability, Photovoltaic Energy, Costs, Environment.

LISTA DE TABELAS E QUADROS

| | |
|--|----|
| Tabela 01 – Composição do sistema fotovoltaico..... | 21 |
| Tabela 02 – Unidade consumidora 01..... | 23 |
| Tabela 03 – Unidade consumidora 02..... | 23 |
| Tabela 04 – Valores unificados das unidades e valores com necessidade futura..... | 24 |
| Tabela 05 – Parâmetros para o fluxo de caixa do investimento..... | 24 |
| Tabela 06 – Fluxo de caixa do investimento..... | 25 |
| Quadro 01 – Impactos negativos relacionais à empresa em estudo..... | 27 |
| Quadro 02 – Impactos positivos relacionados à empresa em estudo..... | 29 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01 – Sistema fotovoltaico conectado à rede..... | 18 |
| Figura 02 – Localização geográfica da empresa em estudo..... | 20 |
| Figura 03 – Paineis solares instalados..... | 21 |
| Figura 04 – Inversores instalados..... | 22 |
| Figura 05 – Selo de certificação solar..... | 30 |
| Figura 06 – Geração de energia no ano de 2015 e 2016..... | 31 |
| Figura 07 – Produção referente ao ano de 2015..... | 31 |
| Figura 08 – Produção referente ao ano de 2016..... | 32 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC - Corrente Alternada

ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica

CO₂ - Dióxido de carbono CONFAZ - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

DC - Corrente Direta

Hz - Hertz

ICMS – Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IPI - Imposto sob produto Industrializado

kg - Kilograma

Kg/m² - Quilograma por metro quadrado

kW - Quilowatt pico

kWh – Kilowatt hora

kWp – Kilowatt Pico

m² - Metro Quadrado

mm - milímetros

MW – Megawatts

PIS - Programa de Integração Social

TI - Tecnologia da Informação

TWh/ano – Terawatt por hora ano

Vca - Volts em corrente alternada

Vcc - Volts em corrente continua

W - Watts

W/m² - Watts por metro quadrado

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 16 |
| 2.1 Meio ambientes e sustentabilidade..... | 16 |
| 2.2 Tecnologia fotovoltaica..... | 17 |
| 2.3 Custo da energia solar no Brasil..... | 18 |
| 3. METODOLOGIA..... | 19 |
| 4. ANÁLISE DOS DADOS..... | 21 |
| 4.1 Análise financeira..... | 22 |
| 4.2 Análise ambiental..... | 25 |
| 4.2.1 Aspectos ambientais negativos..... | 26 |
| 4.2.2 Aspectos ambientais positivos | 28 |
| 4.3 Análise da energia gerada..... | 30 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 33 |
| REFERENCIAS | 34 |
| Anexo..... | 37 |

AVALIAÇÃO ECONOMICA E AMBIENTAL DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO EM UMA FÁBRICA DE CACHAÇA EM PETROLINA – PE

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL EVALUATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM INSTALLED IN A CACHAÇA INDUSTRY IN PETROLINA – PE

RESUMO

A utilização de energia renovável está sendo cada vez mais frequente no Brasil. As novas fontes renováveis vêm trazendo muitos benefícios em escala local e mundial. Aproximadamente 74% da energia do país provêm das hidrelétricas, as quais, devido a escassez de chuvas, não consegue atender a alta demanda e, conseqüentemente, provoca aumento no valor da energia gerada. De acordo com o Plano Nacional de Energia, estima-se que 13% da demanda nacional seja suprida com energia solar. Recentemente, as empresas têm despertado para a possibilidade de redução dos custos pela adesão ao uso de energia fotovoltaica. Esse estudo teve por objetivo, analisar economicamente e ambientalmente, através de dados de geração e consumo de energia em empresa de destilados, os benefícios oriundos da implementação do sistema fotovoltaico. Para este fim, foi feito um comparativo do consumo de energia, antes e após a instalação do sistema, possibilitando avaliar as vantagens e desvantagens. Apesar do elevado investimento inicial, foram observados resultados favoráveis para o tempo de *payback*, o qual pode ser obtido em no máximo 10 anos de uso do sistema solar. Destaca-se ainda, que com a rápida redução nos custos dos materiais necessários para o sistema, o tempo de *payback* pode ser significativamente menor se considerada a implantação ao final deste estudo. Quanto aos aspectos ambientais positivos, a produção de energia solar é considerada limpa, renovável e sustentável; não emite poluentes para a atmosfera, nem causa ruídos durante funcionamento. Finalmente, verificou-se ausência dos fatores ambientais negativos associados a instalação e uso do sistema.

Palavras Chave: Sustentabilidade, Energia Fotovoltaica, Custos, Meio Ambiente.

ABSTRACT

The use of renewable energy is becoming more frequent in Brazil. New renewable sources have brought many benefits in a local and global scale. Approximately 74% of the country's energy comes from hydroelectric power plants, which, due to the scarcity of rains, can not meet the high demand and, consequently, causes increase in value of the generated energy. According to the National Energy Plan, it is estimated that 13% of the national demand will be supplied with solar

energy. Recently, companies have discovered the possibility of reducing costs by the use of photovoltaic energy. This study aimed to analyze economically and environmentally, through generation data and energy consumption in a distillate company, the benefits derived from the implementation of the photovoltaic system. For this purpose, a comparison was made between the energy consumption, before and after the installation of the system, allowing to evaluate the advantages and disadvantages. In addition, the rapid reduction in the costs of the materials required for the system, the payback time can be significantly reduced considering the implementation at the end of this study. Regarding the positive environmental aspects, the production of solar energy is considered clean, renewable and sustainable; it does not emit pollutants into the atmosphere, nor causes noise during operation. Finally, it was verified the absence of negative environmental factors associated with the installation and use of the system.

Keywords: Sustainability, Photovoltaic Energy, Costs, Environment.

1. INTRODUÇÃO

A crise energética tornou-se muito debatida no Brasil e no mundo, chegando a ser um dos grandes desafios da sociedade. Pode-se observar alguns fatores a ela relacionados, como a redução das reservas petrolíferas, os impactos ambientais constantes, a contínua escassez dos recursos naturais e o aumento da demanda por energia elétrica. Todos esses fatores geram dúvidas futuras quanto ao sistema energético mundial. Nesse sentido a energia solar vem se apresentando como uma excelente opção renovável para que se possa suprir essa demanda por energia (Cabral, 2012).

Em 1987 foi estabelecida na Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, a definição de desenvolvimento sustentável que é “o modelo de desenvolvimento que satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazendo suas próprias necessidades” (ECO, 2014).

Para que as indústrias estejam em constante funcionamento, o desenvolvimento renovável da oferta da energia elétrica se faz necessária. Consequentemente, com o aumento dessa demanda, o cenário é de constante ameaça, já que a base energética do Brasil é de fontes tradicionais. As indústrias brasileiras ainda destacam-se no consumo de energia elétrica onde, em 2007, o setor industrial foi considerado o maior consumidor de energia do Brasil, seguido pelo setor de transporte e casas residenciais (Aguilar et al, 2012).

A energia solar fotovoltaica possui várias vantagens, sua geração ocorre devido a utilização de painéis contendo células basicamente feitas de silício. É utilizado também um inversor responsável por transformar tensão e frequência para os valores nominais dos aparelhos. É um processo simples, sem emissão de gases poluentes ou ruídos e com necessidade mínima de manutenção (Shayani et al, 2006).

Diante desse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar impactos econômicos e ambientais, em um caso real, de um sistema fotovoltaico instalado em uma fábrica de cachaça, localizada na cidade de Petrolina-PE. A motivação surgiu visto que, na região, não existe nenhuma outra fábrica do mesmo seguimento utilizando um sistema semelhante. Foi traçado um parâmetro comparativo dos custos com energia elétrica antes e após a instalação do sistema fotovoltaico, obteve-se também o tempo de *payback* do investimento e foram abordadas algumas vantagens e desvantagens ambientais na utilização do sistema.

A empresa em estudo foi à pioneira na região do Vale do São Francisco no segmento de destilados, a implantar um sistema fotovoltaico a fim de suprir toda a sua demanda energética. A mesma foi incentivada a instalar devido à viabilidade econômica e socioambiental do sistema.

O governo do Estado de Pernambuco tem contribuído bastante para o incentivo a adesão de sistemas fotovoltaico, bordando algumas considerações relevantes quanto à sua produção, como considerando que energia é um excelente vetor de desenvolvimento social, ambiental, econômico, tecnológico e o incentivo à sua produção irá contribuir para a diminuição das perdas técnicas no transporte de energia elétrica pela concessionária, reduzindo, em consequência, seu custo final, visto que sua produção acarreta em maior oferta de empregos e, por fim, considerando que Pernambuco apresenta uma incidência solar superior à média do país e da maioria dos países onde a energia solar tem expressiva participação na matriz energética, o Estado de Pernambuco aderiu ao Convênio CONFAZ 016, de 2015, que isenta do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS a energia injetada na rede da concessionária, por micro e mini geradores, no sistema de compensação de energia elétrica (ALEP, 2016).

Esta categoria isenta o pagamento de tributo estadual (ICMS) sobre o excedente de energia elétrica gerada por sistemas de geração distribuída, como a solar fotovoltaica. Nessa modalidade, o tributo é aplicado apenas sobre a energia que o consumidor receber da rede elétrica, descontando a eletricidade que ele devolver a rede (Ambiente e Energia, 2016).

No mundo, grandes empresas estão gerando sua própria energia. As duas maiores companhias, a Apple e Google, vem se destacando no uso da tecnologia. A Apple, com sede na Califórnia, possui um sistema solar que gera aproximadamente 16MW . A Google por sua vez, é uma das proprietárias da maior usina solar térmica do mundo, a Ivanpah Solar Electric Generating System, localizada no deserto do Mojave, na Califórnia. Existem inúmeras outras empresas como a Amazon, a Walmart, a Target, as quais já têm instalados 147MW de capacidade solar em 300 de suas lojas (BlueSol, 2016).

No Brasil existem muitos empreendedores que também conseguem visualizar a viabilidade de um sistema solar, temos, por exemplo, a empresa argentina do comércio eletrônico Mercado Livre,

que em sua nova sede em Osasco-SP, foram instalados mil módulos com capacidade de gerar aproximadamente 700 MWh/ano (BlueSol, 2016).

Existem, no nordeste brasileiro, alguns exemplos de empresas detentoras de energia solar. Segundo a ANEEL (2016), em 2016, foi instalado o primeiro sistema fotovoltaico a fim de suprir a necessidade energética de um posto de combustível fóssil na cidade do Recife –PE. Foram investidos R\$ 300 mil no projeto, com capacidade de geração de 5.740 quilowatts (KW) por mês, que corresponde a 95,7% dos atuais 6.000KW/mês que a empresa consome. O prazo para retorno do investimento feito é de aproximadamente 96 meses (8 anos) (JC, 2016).

Outro exemplo relevante é a utilização dos painéis solares na Arena Pernambuco. O projeto foi dimensionado para abastecer cerca de 30% da demanda energética da arena. Trata-se de 15.000 m² (quinze mil metros quadrados) de instalação, contendo 3.652 (três mil seiscentos e cinquenta e dois) painéis solares (Leia já, 2015).

No estado da Bahia mais especificamente no município de Tabocas do Brejo Velho, existem as usinas solares de Ituverava e Horizonte, as quais possuem capacidades instaladas de 254 MW (megawatts) e 103 MW, respectivamente. Temos ainda, uma terceira usina na Bahia - a Lapa -, batizada em homenagem ao município onde está sendo construída: Bom Jesus da Lapa. A mesma terá capacidade instalada de 158 MW (BlueSol, 2017).

Tratando-se de um empreendimento do mesmo seguimento da empresa em estudo, existe no estado do Pernambuco, mais especificamente na cidade de Chã Grande, uma usina de cachaça sustentável, no qual o alambique é totalmente movido à energia fotovoltaica. Foi necessário 35m² de placas fotovoltaicas, com uma capacidade de produção de 680,40 kWh/mês. O investimento custou cerca de R\$32 mil reais, com um possível retorno financeiro em cinco anos e equipamentos com garantia de 15 anos (Sanhaçu, 2015).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

No Brasil existe uma das maiores reservas de água doce do mundo e cerca de um terço das florestas tropicais restantes do planeta. Temos também vários tipos de matrizes energéticas como, reservas de petróleo, gás natural, urânio e carvão. Porém, todas são fontes esgotáveis. Mas, dispomos também de potencial em energia renovável como a hidrelétrica, eólica e solar. O Brasil possui uma demanda dez mil vezes menor do que a capacidade energética solar, ou seja, se utilizarmos cerca de 0,01% da energia solar, essa demanda por energia seria suprida (Rosa e Goldbach, 2014).

Quando nos referimos ao sertão do nordeste brasileiro deve-se destacar uma importante vantagem que favorece a utilização da energia solar, que é a condição atmosférica, pois quanto mais próximo à linha do Equador e no equinócio, maior é a radiação solar, o nordeste brasileiro encontra-se próximo desta linha, portanto encontramos radiação solar em abundância e sem elevadas variações durante todo o ano (Souza e Silva, 2015).

Uma das grandes vantagens desse tipo de energia está relacionada com o nível baixíssimo de poluição em termos químicos, térmicos e inclusive acústicos e não possui resíduo ou sobras. O planeta deve ser sustentável e entender que o meio ambiente, a natureza e a modernidade podem viver de maneira harmônica, conseguindo produzir sem degradação, podendo prejudicar futuras gerações. A energia solar, por exemplo, é um tipo de energia alternativa que favorece a interação entre o desenvolvimento e os cuidados com o meio ambiente (Vieira e Santos 2012).

2.2 TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

A energia solar, antigamente, era usada apenas para fins aeroespaciais até o início da década de 1970, quando, em razão da primeira crise do petróleo, iniciaram-se novos estudos e mais aplicações. Durante esses estudos, uma das alternativas propostas na época foi o desenvolvimento de células em silício policristalino, o qual proporcionava melhor custo benefício. Todavia, ressaltaram que esse avanço ainda não feria o suficiente para impulsionar os investimentos em células desse tipo, porém, mesmo assim, estimulou a permanência de alguns grupos de pesquisa nessa área (Dassi et al, 2015).

Os painéis fotovoltaicos, geralmente, são implantados no telhado, devido ser considerado um local onde há maior exposição solar e a não projeção de sombras. A orientação dos painéis é de suma importância para o seu maior aproveitamento, usualmente, deve ser direcionada para o norte. Porém, muitas vezes, pode-se observar que o norte verdadeiro não coincide exatamente com o norte da bússola, devido à declinação magnética terrestre (Souza e Silva, 2015).

O sistema fotovoltaico consiste na conversão de energia solar em elétrica através de painéis solares formados por células em silício policristalino. O sistema é formado por um conjunto de painéis, por um regulador de tensão, um sistema de armazenamento (quando não se tem uma conexão ligada direta na rede elétrica) e por um inversor que converte corrente contínua em alternada (Figura 01), (Dassi et al, 2015).

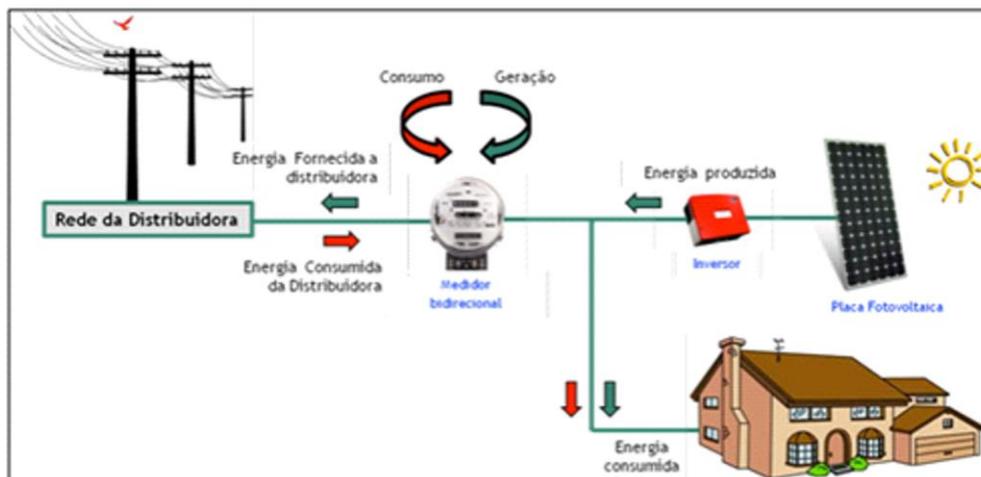


Figura 01 - Sistema fotovoltaico conectado à rede.

A Figura 01 caracteriza um sistema fotovoltaico *ongrid*, ligado diretamente à rede elétrica. Os painéis captam a radiação solar transformando-a em energia elétrica, logo em seguida o inversor transforma a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), podendo então ser utilizada normalmente. É inserido ainda um medidor bidirecional, o qual, sua utilidade é controlar a quantidade de energia que é injetada na rede elétrica e a que é consumida pelo cliente e o seu excedente é injetado diretamente na rede da concessionária.

2.3 CUSTO DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL

O sistema fotovoltaico no Brasil possui inúmeras vantagens e uma delas é a possível descentralização das fontes produtoras de energia no país. O cidadão tem autonomia para decidir se quer instalar um sistema fotovoltaico em sua residência ou empresa e com isso poder produzir sua própria energia, com isso, o consumidor poderá está isento de encargos e tributos cobrados pela própria concessionária de energia ou pelo governo (Dassi et al, 2015).

Apesar da notória viabilidade, existe um fator que dificulta a aquisição do sistema e impede a sua popularização que é o alto custo da aquisição. Vale a pena observar que à longo prazo, o sistema fotovoltaico se torna vantajoso, pois após o tempo de *payback*, o consumidor poderá não ter mais compromisso nenhum com pagamento de taxas. Interessante observar ainda que, a cada ano, o valor do sistema fotovoltaico se torna mais viável financeiramente, ao contrário do valor da energia que aumenta (Cabral e Vieira, 2012).

O sistema de compensação, estabelecido pela ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica) em dezembro de 2012, nº 482, trata que o consumidor poderá, quando estiver produzindo mais do que consome, injetar a energia excedente na rede elétrica pública e com isso gerar um

“banco de créditos” na concessionária, com isso, quando se fizer necessário, ganhar em troca kWh de sua concessionária de energia (Dassi et al, 2015).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um Estudo de Caso, o qual descreve a realidade de produção energética de uma empresa, e procura criar uma relação entre causa e efeito. No qual, a causa trata-se dos fatores que a levaram à implementação do sistema fotovoltaico, e o efeito, refere-se a consequência do uso desse sistema na empresa.

Segundo Martins et al (2014), o Estudo de Caso é uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, principalmente quando esses limites entre o fenômeno e o contexto não são bem definidos. Existem três tipos de Estudos de Caso: o exploratório, explanatório e o descritivo. Neste trabalho, optou-se pelo tipo de Estudo de Caso Explanatório, o qual pode ser considerado o mais ousado por ter como o objetivo explicar um caso em termos de causa e efeito (Yin, 1993; Martins et al 2014).

Foram analisadas algumas variáveis relevantes, tais como, os custos de instalação do sistema, a produção de energia, o tempo de *payback* do investimento e as questões ambientais oriundas da utilização do projeto fotovoltaico.

Para que fossem abordados fatores ambientais, fez-se necessário Pesquisa Bibliográfica por meio das plataformas CAPES (Portal de Periódicos, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), SciELO (Scientific Electronic Library Online) e Google Acadêmico buscando trabalhos científicos de maior relevância e maior relação com o segmento da empresa analisada.

A organização, foco desse estudo, é uma Sociedade Empresarial Limitada situada em Petrolina – PE, fundada em 09 de dezembro de 2012. Sua atividade primária é a fabricação de aguardentes e bebidas destiladas, caracterizada pelos altos padrões de qualidade e pela produção de destilados com sabor de fruta. A mesma está localizada no projeto irrigado N10, situado na zona rural de Petrolina e possui orientação geográfica de latitude -9.322258 e longitude -40.435792 (Figura 2). É uma empresa fundada por dois sócios alemães, os quais observaram a oportunidade de crescimento na região do Vale do São Francisco.



Figura 02 – Localização geográfica da Empresa em estudo

A motivação dos proprietários da empresa para a obtenção do sistema fotovoltaico surgiu a partir de duas vertentes: a primeira, vinculada à questão cultural. Uma vez que ambos possuem princípios de preservação ambiental e sustentabilidade. Isso ligado a suas origens na Alemanha, país este que possui altos índices de investimentos em energia solar fotovoltaica, mesmo não tendo as condições climáticas tão propícia quanto o Brasil. A segunda vertente está relacionada a real necessidade de reduzir custos com energia elétrica. Onde, produzindo sua própria energia, após a amortização do valor investido, a empresa estará praticamente livre de custos com energia durante, pelo menos, 20 anos, e com isso poderá tornar-se mais competitiva no mercado consumidor.

Todos os dados necessários para a concretização desse estudo foram fornecidos pela própria empresa por meio de acesso ao banco de dados, o qual continha informações do consumo atual de energia da empresa, dos custos da instalação do sistema fotovoltaico, histórico da produção do sistema e parâmetros utilizados no fluxo de caixa.

A empresa terceirizada, contratada a fim instalar o sistema solar fotovoltaico, possui sede na cidade de Petrolina – PE. Atuante, a mais de oito anos, no segmento de tecnologia da informação, sistemas elétricos e principalmente energia solar. A mesma prioriza a qualidade e a satisfação do cliente, possui uma equipe de profissionais capacitados para o trabalho e possui 224 projetos instalados bem sucedidos e pouco mais de 540 MW de energia solar produzida anualmente nos respectivos projetos implantados.

ANÁLISE DOS DADOS

O valor total do investimento no sistema fotovoltaico foi de cem mil e duzentos e sessenta e cinco reais (R\$100.265,00). O projeto foi composto basicamente pelos equipamentos e suas respectivas quantidades (Tabela 01).

Tabela 1 - Composição do sistema fotovoltaico

| Quantidade | Produto |
|------------|---|
| 50 | Painéis fotovoltaicos de 245 W |
| 02 | Inversores IG V-1 6000 W |
| 01 | Sistema de monitoramento |
| 02 | Estrutura tipo 3 25 BS 3100 |
| - | Materiais diversos (Ex.; parafusos, conectores) e serviços. |

Foi obtido, através da construção e análise de um fluxo de caixa, o tempo de *payback* de no máximo 10 anos para o retorno financeiro. O projeto foi estimado para suprir toda a necessidade de consumo energética do cliente, todos os 50 painéis solares instalados (Figura 03) produzem o equivalente a 12,25 kWp. Fez necessária uma área referente a 82,10m² para que fossem instalados todos os painéis solares.



Figura 03 – Painéis solares instalados

O sistema é do tipo *ongrid*, ou seja, trabalha diretamente em sincronia com a rede elétrica, tornando-se um sistema dependente da concessionária de energia, onde na ausência de fornecimento de energia elétrica o sistema também ficará inativo.

Os dois inversores, os quais tem a função de transformar a energia de CC (corrente contínua) capacitada e produzida pelos painéis solares em CA (corrente alternada) (Figura 04), possuem uma eficiência de aproximadamente 95,70%.



Figura 04 – Inversores de energia fotovoltaica

4.1 Análise Financeira

A empresa é composta por duas unidades consumidoras separadas, com isso o projeto fotovoltaico foi instalado com potência para suprir, simultaneamente, as duas unidades. Fez-se necessário calcular o consumo de cada uma delas separadamente e em seguida unificar os valores encontrados. Todos os dados da análise financeira foram adequados e retirados do bando de dados da empresa em estudo.

Para a primeira unidade, foi encontrado o consumo anual de 1576 kWh, referente a fevereiro de 2014 até janeiro de 2015. Foi obtida uma média desses 12 meses no valor de 131,33 kWh e um somatório total do consumo de trezentos e quarenta e dois reais e setenta e quatro centavos (R\$ 342,74), baseado em um custo de vinte e um centavos (R\$ 0,21) por kWh consumido (Tabela 2).

Tabela 02 - Unidade Consumidora 01.

| | | | |
|------------------------------------|--------|-------------------|--------|
| Soma dos 12 meses (kWh/Ano) | 1576 | Soma (R\$) | 342,74 |
| Média mensal (kWh) | 131,33 | Custo/kWh | 0,21 |

Os valores e médias mostrados na tabela 2 foram calculados para que possa ser estimado o consumo real. Estabelecendo médias para cada variável de demanda, é possível prever um sistema que supra 100% do consumo, onde muitas vezes é gerado mais do que o previsto e o excedente de energia é creditada diretamente na rede da concessionária.

A unidade 02 trata-se de um espaço físico bem maior que a unidade 01, é onde está situada a linha de produção da empresa e algumas salas da alta gerencia. Com isso é o ambiente com um maior consumo de energia (Tabela 3).

Foi encontrado um consumo anual de 10531 kWh, referente ao mesmo período da unidade 1 (fevereiro de 2014 a janeiro de 2015). Realizou-se a média aritmética desses 12 meses que resultou em 877,58 kWh e realizou-se também um somatório do consumo em reais de todos os 12 meses no valor de três mil duzentos e quarenta e seis reais (R\$ 3.246,00) baseado em um custo do kWh consumido de trinta centavos (R\$ 0,30). Os custos entre a tabela 02 e tabela 03 são diferentes devido, na época, serem ambientes diferentes, um tratava-se de um espaço de manufatura de produtos, espaço de indústria, e outro região domiciliar, porém ambos na mesma região e de mesmo proprietário (Tabela 03).

Tabela 03 - Unidade Consumidora 02

| | | | |
|------------------------------------|--------|-------------------|----------|
| Soma dos 12 meses (kWh/ano) | 10531 | Soma (R\$) | 3.246,00 |
| Média mensal (kWh) | 877,58 | Custo/kWh | 0,30 |

Para que fosse estimada a demanda energética do projeto fotovoltaico, foi necessário agregar os valores das duas unidades consumidoras e isso possibilitou a projeção de apenas uma usina geradora com capacidade de suprir a necessidade energética das duas unidades.

Porém visando um aumento na capacidade produtiva da fábrica nos meses seguinte, sabendo quais equipamentos consumidores de energia iriam ser acrescentado, o proprietário optou por dobrar os valores encontrados visando suprir a necessidade futura de energia (Tabela 04).

Tabela 04 - Valores unificados das unidades e valores com necessidade futura

| Somatório | Valores atuais Unificados | Valores com necessidade futura |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Somatório total do kWh/mês | 1008,91 kWh/mês | 2017,82 kWh/mês |
| Somatório da média custo mensal: | R\$ 299,06 | R\$ 598,12 |
| Somatório Total do custo anual | R\$ 3.588,74 | R\$ 7.117,48 |

Para que se fosse possível estimar o tempo de *payback* do valor investido, fez-se necessário uma análise do fluxo de caixa do investimento. A mensuração dos parâmetros utilizados foi estabelecida pela empresa instaladora do sistema e são de sua inteira responsabilidade.

A empresa Instaladora baseou-se em valores reais do mercado econômico, porém com algumas particularidades como, por exemplo, um aumento constante da tarifa de energia, a qual foi utilizada inicialmente um valor de quarenta centavos (R\$0,40), particularidade essa estabelecida para que se evitem possíveis “surpresas” no fluxo de caixa devido a instabilidade econômica no país. A tabela 05 contém os principais parâmetros utilizados para a análise do fluxo de caixa.

Tabela 05 - Parâmetros para o fluxo de caixa do investimento.

| Parâmetros | | | |
|-----------------------|---------------|----------------------------------|-----------|
| Investimento Inicial: | R\$100.265,00 | Custo anual manutenção: | 0,5% |
| Inflação Energia: | 12,00% a.a. | Ano troca inversor: | 15° |
| Degradação ano 1: | 1,00% | Custo inversor na troca: | 10.355,00 |
| Degradação anos: | 0,70% | Remuneração de Capital (a.a.) | 6,00% |
| | | Inflação Equipamento: | 7,00% |

Na tabela 06, é possível acompanhar detalhadamente todo o fluxo de caixa do investimento. A análise foi dividida em energia gerada, custos totais e resultados, todos em escala anual. O tempo de *payback* do investimento será possível em no máximo 10 anos. O sistema gerou 20059,91 kWh/ano, mais do que o previsto, acarretando em uma diferença positiva de +7,91kWh/ano, onde a energia que é gerada e não for consumida, é armazenada na rede da concessionária gerando assim um banco de crédito. Foi calculado que já no primeiro mês da instalação a fatura de energia virá com no mínimo 80% de redução dos custos, podendo gerar acima da necessidade, creditando energia na rede elétrica.

Tabela 06 - Fluxo de caixa do investimento total

| ANO | Tarifa (R\$ / kWh) | kWh Estimado | Geração em R\$ | Troca Inversor (R\$) | Remuneração Capital (R\$) | Possível Manutenção (R\$) | No ano (R\$) | Acumulado (R\$) |
|-----|--------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------|
| 1 | 0,400 | 20.052,0 | 8.020,80 | 0,00 | 6.015,90 | 501,33 | 98.761,43 | - (98.761,43) |
| 2 | 0,448 | 19.911,6 | 8.920,41 | 0,00 | 5.925,69 | 536,42 | 2.458,31 | - (96.303,12) |
| 3 | 0,502 | 19.772,3 | 9.920,93 | 0,00 | 5.778,19 | 573,97 | 3.568,77 | - (92.734,34) |
| 4 | 0,562 | 19.633,8 | 11.033,66 | 0,00 | 5.564,06 | 614,14 | 4.855,45 | - (87.878,89) |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|------------------|
| 5 | 0,629 | 19.496,4 | 12.271,19 | 0,00 | 5.272,73 | 657,13 | 6.341,32 | - (81.537,57) |
| 6 | 0,705 | 19.359,9 | 13.647,53 | 0,00 | 4.892,25 | 703,13 | 8.052,14 | - (73.485,42) |
| 7 | 0,790 | 19.224,4 | 15.178,24 | 0,00 | 4.409,13 | 752,35 | 10.016,76 | - (63.468,67) |
| 8 | 0,884 | 19.089,8 | 16.880,63 | 0,00 | 3.808,12 | 805,02 | 12.267,49 | - (51.201,18) |
| 9 | 0,990 | 18.956,2 | 18.773,96 | 0,00 | 3.072,07 | 861,37 | 14.840,52 | - (36.360,66) |
| 10 | 1,109 | 18.823,5 | 20.879,65 | 0,00 | 2.181,64 | 921,67 | 17.776,34 | - (18.584,32) |
| 11 | 1,242 | 18.691,8 | 23.221,51 | 0,00 | 1.115,06 | 986,18 | 21.120,27 | 2.535,95 |
| 12 | 1,391 | 18.560,9 | 25.826,03 | 0,00 | -152,16 | 1.055,21 | 24.922,97 | 27.458,92 |
| 13 | 1,558 | 18.431,0 | 28.722,68 | 0,00 | -1.647,54 | 1.129,08 | 29.241,13 | 56.700,05 |
| 14 | 1,745 | 18.302,0 | 31.944,21 | 0,00 | -3.402,00 | 1.208,12 | 34.138,10 | 90.838,15 |
| 15 | 1,955 | 18.173,9 | 35.527,08 | 28.569,77 | -5.450,29 | 1.292,68 | 11.114,91 | 101.953,07 |
| 16 | 2,189 | 18.046,6 | 39.511,79 | 0,00 | -6.117,18 | 1.383,17 | 44.245,81 | 146.198,87 |
| Investimento: R\$100.265,00 | | | | | | | | |

Pode-se observar ainda, na tabela 06, alguns custos, onde, existe uma prevista troca do inversor no 15º ano de uso, isso se dá devido uma estimativa preventiva da empresa instaladora do projeto, com base em informação dos próprios fornecedores sobre especificações dos produtos, experiência profissional e estudos paralelos sobre o produto, com isso criou-se o indicativo, que o inversor só precisará de troca, possivelmente, após o 15º ano de uso.

O sistema não necessita de complexas manutenções, apenas faz-se necessário a limpeza dos painéis solares quando houver necessidade, por isso que o valor cobrado para tal serviço é irrisório podendo na maioria dos casos serem desconsiderado.

3.2 Análise Ambiental

Grandes debates já foram realizados a respeito da Economia Verde, nos quais muitas vezes levantam ideias opostas entre empresários e ambientalistas. Ambos possuem objetivos opostos, sendo que as primeiras visam, principalmente, elevar o desenvolvimento financeiro e social de suas empresas; por sua vez, os ambientalistas não admitem valorização da lucratividade desconsiderando as questões ambientais. Visto que existe um agravamento contínuo quanto a questões ambientais, algumas empresas estão buscando um ponto de equilíbrio entre a conservação do meio ambiente e o desenvolvimento, e isso leva a busca de um desenvolvimento sustentável (Vieira e Santos, 2012).

Como todo empreendimento produtor de energia elétrica, as usinas fotovoltaicas também possuem impactos ambientais sejam eles positivos ou negativos. Podemos entender como impacto ambiental, qualquer alteração das características do sistema ambiental, seja esta física, química, biológica, social ou econômica, causada por ações antrópicas, as quais possam afetar direta ou

indiretamente o comportamento de parâmetros que compõem os meios físico, biótico e/ou socioeconômico do sistema ambiental na sua área de influência (Barbosa et al, 2015).

O sistema fotovoltaico é uma das grandes alternativas para as empresas na produção de energia elétrica tendo assim o sol como sua principal matéria prima, uma fonte limpa e inesgotável, sendo esse um dos principais pontos positivos da aquisição deste tipo de energia, porém podemos citar também alguns aspectos negativos (Vieira e Santos, 2012).

4.2.1 Aspectos ambientais negativos

Segundo Barbosa et al (2015), existem alguns possíveis impactos negativos na utilização dessa fonte de energia, incidindo sobre o meio físico, biótico e socioeconômico. Podem-se listar alguns dos principais impactos envolvendo os respectivos meios:

- Modificação paisagista – Ao ser implantadas usinas solares em grandes faixas de terras, a paisagem natural pode ser modificada;
- Movimentação de recursos humanos, maquinários e equipamentos – Processo esse que ocorre durante a instalação de uma usina solar fotovoltaica na região que anteriormente era considerada de difícil acesso ou até mesmo isolada;
- Degradação da paisagem – Esse tipo de degradação poderá ser diretamente proporcional ao tamanho da usina solar. Em casos mais severos, a paisagem pode ser deteriorada, sendo necessárias medidas de controle e mitigação;
- Geração de resíduos sólidos – É fato que durante a instalação de um sistema fotovoltaico existe a geração de resíduos sólidos, os quais devem ser manuseados e realocados de maneira correta evitando assim contaminação do solo;
- Perca da cobertura vegetal – Sabe-se que a vegetação tanto de pequeno porte quanto de grande porte pode ser removida ou deslocada a fim de garantir um melhor posicionamento dos painéis e isso pode causar impactos consideráveis;
- Alteração da dinâmica dos ecossistemas locais – Com a construção de vias de acessos, pode-se ocasionar uma modificação na dinâmica ambiental e alterações do fluxo hidrológico devido uma possível compactação do solo;
- Possível fuga da fauna local – Durante o processo de desmatamento e abertura de áreas florestais pode ocorrer a fuga da fauna para regiões impróprias, causando um desequilíbrio local;
- Diminuição do potencial ecológico – O habitat natural sendo degradado vai existir uma diminuição no desenvolvimento de várias espécies de animais.

Filho et al., (2015) aborda ainda que a implementação de uma usina solar traz consigo impactos socioeconômicos positivos e negativos para a região. Podem-se citar alguns negativos como:

- Aumento do Fluxo de veículos – A movimentação de veículos pode acarretar em sérios transtornos à sociedade local como, por exemplo, ocasionar poeira, poluição auditiva, emissão de gases, podendo ainda ocasionar possíveis acidentes com pessoas e afastamento da fauna local.

Vinculando esses possíveis impactos citados com a realidade da empresa em estudo, pode-se analisar, que, a sua grande maioria, não se aplica ou é irrelevante. É possível observar no quadro 01 que, entre os 10 (dez) impactos citados, apenas 01(um) é aplicável à realidade da empresa, comprovando-se, assim, uma verdadeira adesão a um sistema verdadeiramente renovável, limpo e sustentável.

Quando 01 - Impactos negativos relacionados à empresa em estudo.

| IMPACTO | EMPRESA EM ESTUDO |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Modificação da Paisagem | NÃO SE APLICA |
| Movimentação de RH e máquinas | IRRELEVANTE |
| Degradação da Paisagem | NÃO SE APLICA |
| Geração de Resíduos | NÃO SE APLICA |
| Perca da cobertura vegetal | NÃO SE APLICA |
| Alteração da Dinâmica do ecossistema | NÃO SE APLICA |
| Possível fuga da fauna | NÃO SE APLICA |
| Diminuição do potencial ecológico | NÃO SE APLICA |
| Aumento do fluxo de veículos | IRRELEVANTE |
| Custo de aquisição elevado | APLICA-SE |

No que diz respeito aos impactos negativos irrelevantes, esses são observados no meio físico quanto à movimentação de máquinas, pessoas e processos. Devido à empresa em estudo se encontrar em área rural, a qual já é movimentada devido ao agronegócio local, esse tipo de impacto citado não possui relevância nenhuma.

Os impactos ambientais mais significantes do sistema fotovoltaico são provocados durante a fabricação de seus materiais e a implantação das grandes usinas. Existem alguns impactos indiretos, os quais são encontrados durante o processo de fabricação dos componentes do sistema fotovoltaico e também durante o transporte e instalação (Anatomi e Udaeta,2005).

Durante o processamento da matéria prima para a produção dos módulos e componentes periféricos de um sistema fotovoltaico, são emitidos produtos tóxicos (arsênico, gálio e cádmio),

tais como ácidos e produtos cancerígenos, além de CO₂, SO₂, NO₂ e particulados. Além disso, todo o material utilizado no sistema, ao final de sua vida útil, deve ser descartado de forma correta (Anatomi e Udaeta, 2005).

Os impactos visuais podem ser minimizados quando existe a opção de implantar o sistema solar fotovoltaico em áreas de telhados ou estruturas já existentes. Quanto maior o projeto solar maior será o impacto visual causado. Com a utilização de grandes áreas territoriais para a implantação do sistema solar fotovoltaico a atividade agrícola, nessas áreas pode-se tornar inviável (Oliveira, 2011).

4.2.2 Aspectos Ambientais Positivos

Oliveira (2011) aborda uma serie de aspectos positivos na utilização do sistema fotovoltaico, os quais são de grande relevância ambiental, social e econômica:

- Energia limpa: é o primeiro e principal aspecto positivo na utilização do sistema fotovoltaico;
- Energia renovável: trata-se outro aspecto relevante, sua matéria prima, o sol, é inesgotável;
- É Sustentável: a energia fotovoltaica é um modelo de desenvolvimento que satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras;
- Não polui: durante a sua produção não se emite, na atmosfera, nenhum tipo de poluente;
- Confiabilidade: trata-se de um sistema que possui modularidade completa e uma alta confiabilidade onde, depois de instalado, funciona automaticamente;
- Implantação em superfícies planas: pode-se também utilizar superfícies planas antes não utilizadas como, por exemplo, coberturas, telhados de prédios, terrenos e muitos outros;
- Não se faz necessária a utilização de turbinas ou geradores como na energia eólica, a qual também é outra fonte alternativa de energia renovável e limpa.

Segundo Anatomi e Udaeta (2005) existem outros aspectos positivos relacionados a sua acessibilidade:

- Acessível em lugares remotos: o sistema fotovoltaico não demanda grandes investimentos em linhas de transmissão e isso faz com que o seu uso beneficie comunidades muito afastadas dos grandes centros urbano;
- Baixa necessidade de manutenção: apesar de ser uma tecnologia de custo elevado, os painéis utilizados na produção de energia são resistentes e praticamente não oferecem custos de manutenção;
- Não requer linhas de transmissão: em pequena escala as linhas de transmissão não se fazem necessárias.

Por está utilizando um sistema fotovoltaico, *ongrid*, a fim de gerar sua própria energia, a empresa em estudo é detentora e beneficiada por uma serie de aspectos positivos, os quais são diretamente relacionados (Quadro 02).

Quando 02 - Impactos positivos, relacionados à empresa em estudo.

| IMPACTOS | EMPRESA EM ESTUDO |
|------------------------------------|--------------------------|
| Energia Limpa | APLICA-SE |
| Energia Renovável | APLICA-SE |
| Energia Sustentável | APLICA-SE |
| Não polui | APLICA-SE |
| Confiabilidade | APLICA-SE |
| Não se usa turbinas ou geradores | APLICA-SE |
| Acessível em lugares remotos | APLICA-SE |
| Implantação em superfícies planas | APLICA-SE |
| Não usa linha de transmissão | APLICA-SE |
| Manutenção mínima | APLICA-SE |
| Não emite som ou ruído | APLICA-SE |
| Empresa é tarjada como sustentável | APLICA-SE |
| Selo Solar | APLICA-SE |

É possível observar, no Quadro 02, que todos os 13 (treze) aspectos abordados como impactos positivos, ocasionados da utilização do sistema fotovoltaico pela empresa em estudo, são aplicáveis a sua realidade, todos são de tamanha relevância ambiental e socioeconômica.

Com a adesão ao sistema fotovoltaico e com todas essas vantagens ambientais a empresa já se encontra apta a aderir a algum tipo de selo de certificação ambiental (Figura 05), o qual comprovará a atuação e preocupação da empresa para com questões ambientais.



Figura 05 – Selo de certificação solar

O Selo Solar é um tipo de certificação do Ideal a qual tem a finalidade de reconhecer empresas, residências e instituições públicas e privadas, parceiras, que investem em eletricidade solar. Quem possui a certificação mostra que aposta em uma energia renovável e de baixo impacto ambiental.

4.3 Análise da energia gerada

O processo de geração é entendido com maior clareza quando se observa a evolução dos gráficos. Foi observada, inicialmente, a produção de energia, através do sistema fotovoltaico em pleno funcionamento, durante os anos de 2015 e 2016 (Figura 06).

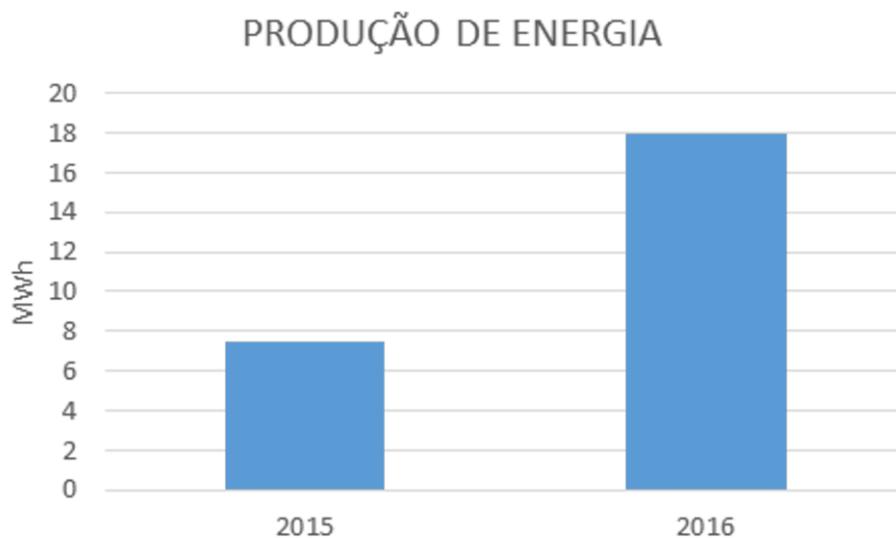


Figura 06 - Geração de energia no ano de 2015 e 2016

No ano de 2015, foram gerados 7,5 MWh de energia e em 2016, significativos 17,91 MWh. Há disparidade de valores justificada pelo fato de que, em 2015, só foi possível gerar nos quatro últimos meses do ano, pois, anteriormente, o sistema ainda estava em processo de instalação e teste.

Para que possa ser entendido melhor faz-se necessário observar a geração mensal no período analisado. Como pode ser verificado na Figura 04, no ano de 2015, outubro se destaca com maior geração de energia (1958,71 kWh), isso se deu devido a época de alta estação (verão) nos países localizados no hemisfério sul, cuja incidência solar é maior.

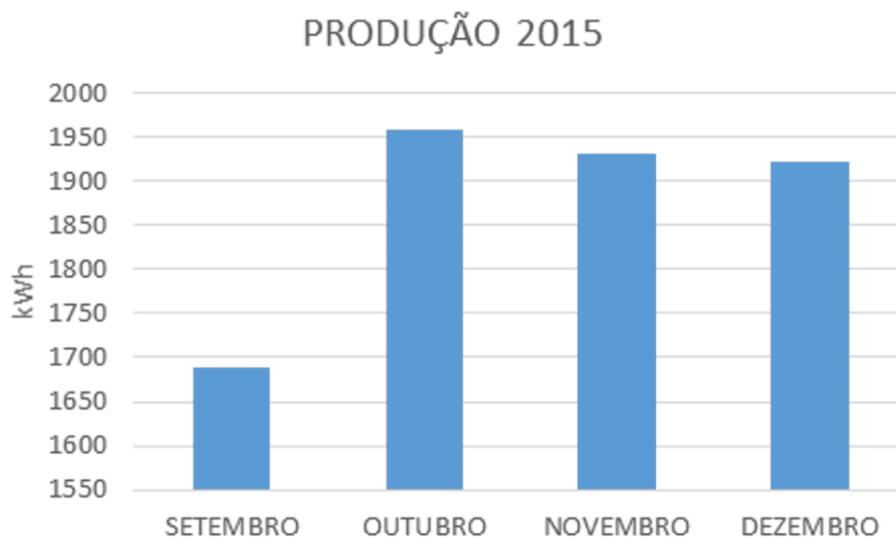


Figura 07 - Produção referente ao ano de 2015

A menor geração observada ocorreu em setembro de 2015 (1.687,53 kWh) (Figura 07) é justificada por alguns motivos como a estação climática (primavera), pelas frequentes manutenções técnicas no sistema fotovoltaico, devido ser um sistema recém-instalado, por possível incidência de nuvens, dificultando a passagem de raios solares ou até mesmo, pela presença de detritos como folhas e galhos nos painéis fotovoltaicos.

Com relação à geração no ano de 2016 observa-se que o mês de outubro, foi novamente, o que mais gerou (1930,47 kWh), produzindo o pouco menos de energia elétrica, comparando com outubro do ano de 2015(Figura 08).

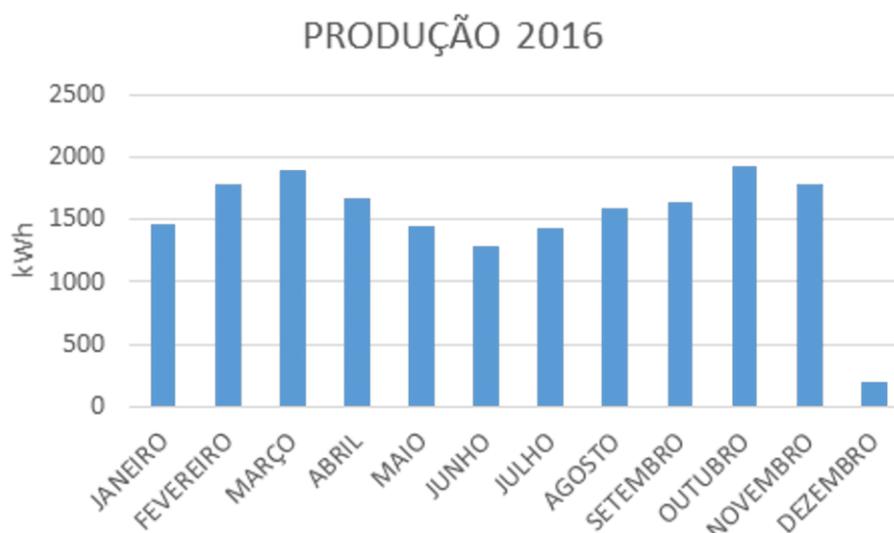


Figura 05 - Produção referente ao ano de 2016

Observando o restante dos meses em 2016, junho, apareceu como o mês em que menos se gerou (1287,85 kWh), cujo motivo pode estar relacionado com possíveis chuvas e presença de nuvens, durante o período.

Sendo assim, pode-se observar que, muitas são as variáveis, as quais podem interferir na eficiência produtiva de um sistema fotovoltaico. A depender da época, temos a incidência de nuvens durante longas horas do dia e isso dificulta a passagem dos raios solares. O próprio fato de chover já diminui, consideravelmente, a produção de energia pelos painéis e não deve existir sombreamento ou resíduos sobre os painéis, ocasionando uma menor geração.

Considerações Finais

O sistema implantado tornou-se notoriamente viável, sendo sustentável economicamente, uma vez que sua própria geração supriu os custos, sendo investido R\$100.265,00 (cem mil duzentos e sessenta e cinco reais). Observou-se ainda, que o sistema possui um tempo de *payback* de no máximo 10 anos e uma vida útil dos materiais de aproximadamente 30 anos, possuindo então um diferencial competitivo o qual seria produzir sua própria energia por muito tempo depois do sistema pago.

Foi possível estimar uma geração de 20.052,00 kWh/ano, utilizando uma tarifa de R\$0,40 centavos teríamos um rendimento monetário de R\$8.020,80 (oito mil e vinte reais e oitenta centavos) superior ao seu custo que seria de R\$7.177,48 (sete mil cento e setenta e sete reais e quarenta e oito centavos).

Com as análises dos gráficos de geração, foi possível comparar o valor estimado e o valor real gerado. Previu-se uma geração de 20.052 kWh/ano, porém gerou 20.059kWh acarretando em

uma diferença positiva de +7,91 kWh/ano, com isso neste ano, o sistema injetou “banco de créditos” na própria rede de energia, que poderá ser utilizado quando houver necessidade.

Observou-se que o mês de outubro foi o que houve maior geração de energia em ambos os anos analisados (2015 e 2016), efeito este justificado, pela maior incidência de raios solares, nos painéis fotovoltaicos, durante este período.

Os dados permitiram comparar a diferença de geração de energia nos meses de setembro, outubro e novembro dos dois anos. Em outubro, mês de maior geração de energia, a diferença foi de 28,24 kWh, correspondendo a redução de 1,44% na geração de um ano para o outro, valor considerado “pequeno”. Os meses de setembro e novembro, comparativamente a 2015 e 2016, tiveram diferença de produção de 41,56 kWh e 151,32 kWh, respectivamente, equivalentes a redução de 2,46% e 7,83%, respectivamente, na geração de energia. A redução no mês de novembro sugere que a empresa deve acompanhar as reduções mensais para verificar se a redução teve como causa algum problema com as placas ou se deve aos fatores climáticos. Este monitoramento então deve ser tomado como referência para tomada de decisão acerca do sistema implementado.

Pode-se estimar ainda, que em período de baixa estação, aproximadamente pelos meses de junho e julho, com um aumento de nuvens o sistema solar produz menos do que o esperado. Estima-se que esse dado repita-se no decorrer dos anos. Diante disto, recomenda-se, para as empresas que forem aderir a um sistema solar fotovoltaico na região com condições climáticas semelhantes aquelas características da localização da empresa foco deste estudo, que busquem implementá-lo durante os meses de setembro e outubro, os quais tiveram uma geração maior que dos outros meses, de modo a contribuir com a redução do tempo de *payback*.

Quanto aos benefícios fiscais do Governo do Estado de Pernambuco, verificou-se que ainda são poucos, com destaque apenas para adesão ao Convenio CONFAZ 016, de 2015, que isenta de pagamento de ICMS a energia injetada na rede da concessionária, usando o sistema de compensação de energia elétrica. Cada estado é responsável por sua própria regulamentação e benefícios.

Observou-se ainda que mesmo com alguns impactos negativos citados no trabalho, apenas um aplicou-se à realidade da empresa, que foi o seu alto custo de implantação, os demais não se aplicam ou são considerados irrelevantes. Isso mostra que estamos trabalhando com uma energia limpa, renovável e sustentável, tornando-se muito vantajosa a sua utilização, e com isso acredita-se no seu grande benefício ambiental e econômico.

A empresa está em processo de adesão a um selo de certificação sustentável - Selo Solar - o qual atua na promoção de empresas que aderem às energias renováveis e a políticas de integração energética na América Latina. Com isso, a empresa em estudo mostra que, dentre tantas outras,

acredita na importância das fontes renováveis para o seu próprio desenvolvimento e o desenvolvimento da Nação, sendo a pioneira no seguimento de destiladora de cachaça no Vale do São Francisco, localizado na cidade de Petrolina, a instalar um sistema fotovoltaico a fim de suprir todo a sua demanda energética.

Por fim, espera-se que essa tecnologia seja, no decorrer dos anos, cada vez mais utilizada pelas empresas, pois a pesar do seu alto custo, trata-se de uma alternativa de produção de energia viável, principalmente na a região onde está localizada a empresa, devido características climáticas, além de promover redução na emissão de gases causadores do efeito estufa.

Referências

AGUILAR, R. S.; OLIVEIRA, L. C. S.; ARCANJO, G.L.F. Energia renovável: Os ganhos e impactos sociais, ambientais e econômicos nas indústrias brasileiras. XXXII encontro nacional de engenharia de produção. Bento Gonçalves, RS, Brasil, 15 a 18 de out. de 2012.

ALEPE LEGIS. Decreto Nº 41.786, de 29 de maio de 2015, 2017. Disponível em: <<http://legis.alepe.pe.gov.br/arquivoTexto.aspx?tiponorma=6&numero=41786&complemento=0&ano=2015&tipo=>>. Acesso em: 17 maio 2017.

AMBIENTE E ENERGIA. 21 Estados já aderiram a convênio que isenta geração distribuída de ICMS, 2016. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2016/08/21-estados-ja-aderiram-convenio-que-isenta-geracao-distribuida-de-icms/30123>>. Acesso em: 18 maio 2017.

ANATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M. Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos. III Workshop Internacional Brasil - Japão, 2005. Universidade de São Paulo – UPS, São Paulo.

BARBOSA, W. P. F.; FERREIRA W. R.; AZEVEDO, A. C. S.; COSTA A. L. C.; PINHEIRO, R. B. Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: Impactos ambientais e políticas públicas. Florianópolis, n. esp, p.628-642, dez. 2015.

BLUE SOL. Energia solar no Mundo: Grandes empresas apostando na fonte solar, 2016. Disponível em: <blog.bluesol.com.br/energia-solar-no-mundo-grandes-empresas-apostando-na-fonte-solar/>. Acesso em: 17 maio 2017.

BLUESOL. O avanço da Energia Solar no Nordeste, 2017. Disponível em: <<http://blog.bluesol.com.br/energia-solar-no-nordeste/>>. Acesso em: 19 maio 2017.

CABRAL, I.; VIEIRA, R. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: Uma abordagem no período recente. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Goiania/GO, nov. 2012.

DASSI, J. A.; ZANIN, A.; BAGATINI, F. M.; TIBOLA, A.; BARICJELLO, R.; MOURA, G. D. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma instituição de ensino superior do sul do Brasil. XXII Congresso Brasileiro de Custos – Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 11 a 13 de nov. de 2015.

ECO. O que é desenvolvimento sustentável, 2014. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28588-o-que-e-desenvolvimento-sustentavel/>>
Acesso em: 17 maio 2017.

JORNAL DO COMERCIO. Posto de gasolina no Recife é o primeiro do País a gerar energia solar, 2016. Disponível em:
<<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/economia/pernambuco/noticia/2016/03/29/posto-de-gasolina-no-recife-e-o-primeiro-do-pais-a-gerar-energia-solar-228527.php>>. Acesso em: 19 maio 2017.

LEIA JÁ. Produção de energia solar cresce em Pernambuco, 2015. Disponível em:<<http://www.leiaja.com/noticias/2015/06/03/producao-de-energia-solar-cresce-em-pernambuco/>>. Acesso em: 19 maio 2017.

MARTINS, R. A.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B. Guia para a elaboração de monografia e tcc em engenharia de produção. Joao Batista Turrioni - São Paulo: Atlas, 2014.

OLIVEIRA, T. R. Geração de energia x Impacto ambiental. Fundação educacional de Ituiutaba – *Campus UEMG*. Ituiutaba/Minas Gerais 2011.

ROSA, R. F.; GOLDBACH, A. Viabilidade econômica e ambiental da utilização de painéis fotovoltaicos em residências no centro-oeste catarinense. Unoesc & Ciência – ACET, Joaçaba. p. 135-140, Edição Especial 2014.

SANHAÇU. Alambique da Sanhaçu torna-se primeiro do país totalmente movido a energia solar, 2015. Disponível em: <<http://www.sanhacu.com.br/alambique-da-sanhacu-torna-se-primeiro-do-pais-totalmente-movido-a-energia-solar/>>. Acesso em: 17 maio 2017.

SELO SOLAR. Selo Solar Incentiva utilização de fotovoltaica, 2013. Disponível em: <<http://institutoideal.org/selo-solar-incentiva-utilizacao-de-fotovoltaica/>>. Acesso em: 19 maio 2017.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G.; CAMARGO I. M. T. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. CBPE – Congresso Brasileiro do Planejamento Energético, Brasília- DF 31 de maio de 2006.

SOUZA, D. A.; SILVA, G. E. Estudo Da Viabilidade De Implementação De Um Sistema De Energia Solar Fotovoltaica Na Instituição De Ensino Doctum De Caratinga. CONTECC- Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC' 2015 - Fortaleza - CE 15 a 18 de set. de 2015.

VIEIRA, M.; SANTOS, A. O meio ambiente sustentável e a energia solar. Ciências Exatas e Tecnológicas. Sergipe v. 1 n.15 p. 131-139 out. 2012

YIN, R. K. Estudo de caso: Planejamento e métodos. 2. Ed. Porto Alegre: Book man, 2001.