

# **GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS: ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA**

Fernanda dos Santos Monteiro

*Bacharelanda do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA  
(fernandadsmonteiro@hotmail.com)*

Henrique Carvalho Zini

*Bacharelando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA  
(henrique-zini@hotmail.com)*

Eduardo Martins Toledo

*Professor Mestre do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA  
(eduardomtoledo@gmail.com)*

## **RESUMO**

Posto que, a energia é um recurso fundamental para a existência de vida na Terra e que há uma preocupação global em relação a sua geração, se dá a necessidade de rever como se origina este recurso. Levando em consideração que a maior parte da energia produzida é através de recursos não renováveis, é primeiramente fundamental, a conscientização mundial da importância de novas atitudes quanto a produção de energia. Em consequência, a busca por alternativas sustentáveis que possibilitem o atendimento das necessidades das populações no presente sem comprometer o suprimento das necessidades futuras. Sendo assim, apresentam-se como soluções eficazes, a implantação de sistemas de geração de energia a partir da luz solar aproveitando este recurso natural afim de atender toda demanda de forma sustentável. Em atenção ao cenário atual apresentado e com base em algumas referências bibliográficas, foi escolhido para estudo de caso deste trabalho um empreendimento comercial, em virtude desta se portar como instrumento de difusão de modelo e referência social, capaz então de instruir quanto à necessidade de adotar práticas sustentáveis. Foi realizado um projeto junto a uma empresa do setor energético, por meio de padrões normatizados, da implantação de uma usina fotovoltaica, para a Associação Comercial e Indústria de Anápolis-ACIA, localizado no município de Anápolis-GO. O projeto proposto teve investimento inicial de R\$119.140,25, ao qual será compensado após 3 anos, quando terá economia equivalente de R\$133.887,95. Por fim, o empreendimento abordado, contribuirá de forma incalculável para o meio ambiente e se tornará modelo para outras entidades da região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia. Energia solar. Práticas sustentáveis. Sistema fotovoltaico. Produção. Sustentabilidade.

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é primordial nos dias atuais, dessa forma, é preciso produzi-la em grande escala para atender toda demanda. Nesse sentido, a necessidade de fontes renováveis, para geração de energia tem se tornado uma tendência mundial, em virtude da obtenção e utilização desse modelo para diminuir os impactos ambientais e garantir a sobrevivência dos seres humanos no planeta terra.

Atualmente as fontes de energia não renováveis são predominantes em diversos setores, vale destacar as principais tais como: os combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral, gás natural e xisto betuminoso) e os combustíveis nucleares.

Entretanto a preocupação em gerar energia a partir de sistemas que minimizam impactos ambientais é otimista em âmbito mundial. Por consequência, as fontes de energias renováveis vêm ganhando cada vez mais espaço, em decorrência a preocupação ambiental, conscientização humana, aspectos da viabilidade econômica, expansiva demanda energética, competitividade da geração convencional do setor energético e políticas governamentais.

Nesse cenário, podemos destacar o Brasil como um dos países mais promissores na geração de energia renováveis, devido seu extenso território e condições climáticas favoráveis. Conforme dados da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2018), empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, a participação de energias renováveis no Brasil foi de 42,9% no período de 2017, mas apesar da porcentagem otimista, ainda há muito a crescer no setor energético.

A energia solar fotovoltaica trata-se de uma fonte de energia com imenso potencial e que pode ser bastante explorada pelas empresas brasileiras. Além de apresentar benefícios que atendam a necessidade da população de maneira sustentável e econômica a longo prazo. A implantação desses sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica contribui diretamente para o aumento da disponibilidade de eletricidade no Brasil, auxiliando a economizar água nos reservatórios das hidrelétricas nos períodos de estiagem. Além disso, a instalação dos sistemas fotovoltaicos reduz a necessidade de se construir usinas baseadas em fontes poluentes, colaborando com o meio ambiente e todos seres vivos.

## 2 ENERGIA, ESPAÇO GEOGRÁFICO E DESENVOLVIMENTO

A energia, nas suas mais diversas formas, é indispensável à sobrevivência da espécie humana. E mais do que sobreviver, o homem procurou sempre evoluir, descobrindo fontes e formas alternativas de adaptação ao ambiente em que vive e de atendimento às suas necessidades. Dessa forma, a exaustão, escassez ou inconveniência de um dado recurso tendem a ser compensadas pelo surgimento de outros. Em termos de suprimento energético, a eletricidade se tornou uma das formas mais versáteis e convenientes de energia, passando a ser recurso indispensável e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões ANEEL (2002).

De acordo com Villalva (2015) o sol representa uma essencial fonte de energia para nosso planeta terra. Anualmente a superfície terrestre recebe uma quantidade expressiva de energia solar, sendo elas nos aspectos de luz e calor, quantidade satisfatória para atender inúmeras vezes as necessidades humanas mundiais ao decorrer do mesmo período. Porém uma parte pouco expressiva dessa energia é aproveitada, além disso é importante ressaltar que a maioria, com poucas exceções, toda a energia usada pelo ser humano tem origem do Sol.

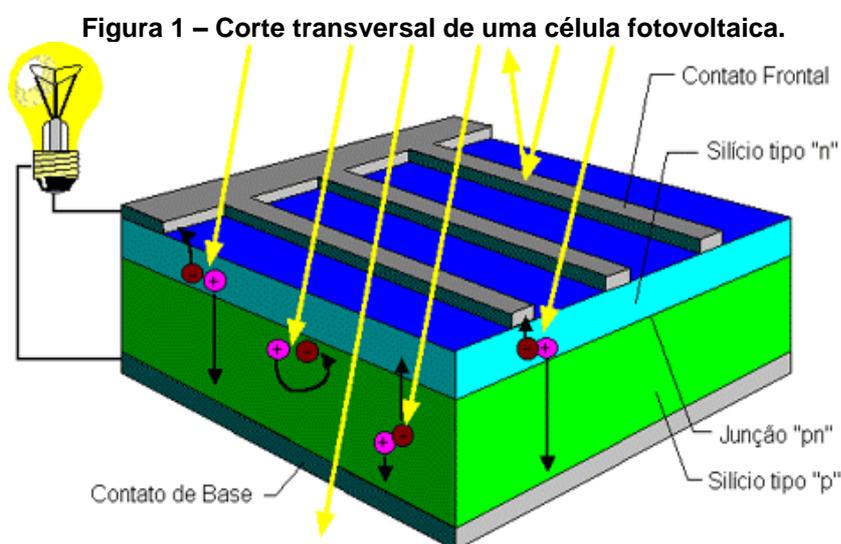
O sol é uma fonte de energia que traz benefícios a terra através de luz e calor. O sistema de energia fotovoltaica se beneficia desta luz para transformá-la em eletricidade

através de células fotovoltaicas. Este sistema é composto por painéis fotovoltaicos e de equipamentos para conversão desta energia de corrente contínua para alternada, quando o uso é domiciliar (SANTOS; SOUZA; DALFIOR, 2015).

De acordo grande parte dos recursos energéticos do país se localiza em regiões pouco desenvolvidas, distantes dos grandes centros consumidores e com fortes restrições ambientais. Promover o desenvolvimento econômico dessas regiões, preservar a sua diversidade biológica e garantir o suprimento energético de regiões mais desenvolvidas são alguns dos desafios da sociedade brasileira. Torna-se, portanto, fundamental o conhecimento sistematizado da disponibilidade de recursos energéticos, das tecnologias e sistemas de aproveitamento e das necessidades energéticas setoriais e regionais do país ANEEL (2002).

## 2.1 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

O efeito fotovoltaico é o fenômeno físico que permite a conversão direta da luz em eletricidade. Esse fenômeno ocorre quando a luz, ou a radiação eletromagnética do Sol, incide sobre uma célula composta de materiais semicondutores com propriedades específicas. A estrutura dessa célula conforme a Figura 1, é composta por duas camadas de material semicondutor P e N, uma grade de coletores metálicos superior e uma base metálica inferior (VILLALVA, GAZOLI, 2012).



Fonte: Cresesb (2014).

A grade e a base metálica inferior são os terminais elétricos que fazem a coleta da corrente elétrica gerada pela ação da luz. A base inferior é uma película de alumínio ou de prata, já parte superior da célula, que recebe a luz, precisa ser translúcida, dessa maneira os contatos elétricos são construídos na forma de uma fina grade metálica impressa na célula (VILLALVA, GAZOLI, 2012).

Segundo estudos realizados por Cresesb (2006), de acordo com figura 5, essa passagem de elétrons entre as camadas cria uma corrente elétrica que pode ser coletada através de terminais elétricos metálicos implantados na base (contato de base) e na parte que fica em contato com a luz (grade metálica ou contato frontal).

Ruther (2009) e Cresesb (2006) destaca que as células fotovoltaicas podem ser fabricadas com diferentes tipos de materiais semicondutores, cada um com uma determinada eficiência de conversão da luz solar em energia elétrica. Porém as células mais comuns disponíveis comercialmente são constituídas a base de silício cristalino

(monocristalino ou policristalino). As demais tecnologias comercializadas são empregadas com filmes finos de telureto de cádmio (CdTe), disseleneto de cobre índio e gálio (CIGS), silício amorfo hidrogenado (a-Si:H), silício microcristalino.

## 2.2 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

De acordo com Cresceb (2006 apud GONÇALVES,2014) uma única célula fotovoltaica normalmente não supera a potência de 3 W e uma tensão entre 0,5 a 0,8 V (para células de silício). Assim, é necessário agrupá-las formando um módulo fotovoltaico, ao qual produz uma tensão total equivalente à soma das tensões individuais de cada célula.

Segundo Carneiro (2010), para produzir energia, os sistemas fotovoltaicos, devem ser empregados por muitos módulos, sendo conectados em série ou paralelos. Conjuntos com mais de dez módulos em série são comuns em sistemas conectados à rede elétrica, que operam com tensões mais elevadas. O que é comum de se ver para aumentar a potência do sistema, é acrescentar em um módulo em série, também módulo em paralelo.

## 2.3 GERAÇÃO DE ENERGIA CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica, é basicamente, a energia captada através da conversão da luz solar em eletricidade pelas células fotovoltaicas contidas em módulos fotovoltaicos. Ela é produzida pela reação nuclear que acontece no interior do Sol, onde átomos de hidrogênio se combinam, formando átomos de hélio e liberando energia. Para essa conversão, temos três configurações possíveis, que são elas: sistemas conectados (*on-grid*) – conectados pela rede pública de energia. Sistemas isolados (*off-grid*) – desconectados da rede pública. E por fim, o sistema híbrido, que é a junção das características dos dois primeiros (ALVES, 2016).

## 2.4 SISTEMAS CONECTADOS (*ON-GRID*)

De acordo com a resolução normativa da ANEEL (482/2012) o sistema conectado, tem como sua característica principal, gerar energia pelos módulos solares, e enviar para a rede de distribuição.

Para Solar Brasil (2016), em consequência, a energia gerada deve ser maior do que a consumida, para trabalhar na forma de crédito, quando o consumo for maior. Ou seja, o cliente só paga para concessionária quando o consumo é superior.

## 2.5 SISTEMAS CONECTADOS (*OFF-GRID*)

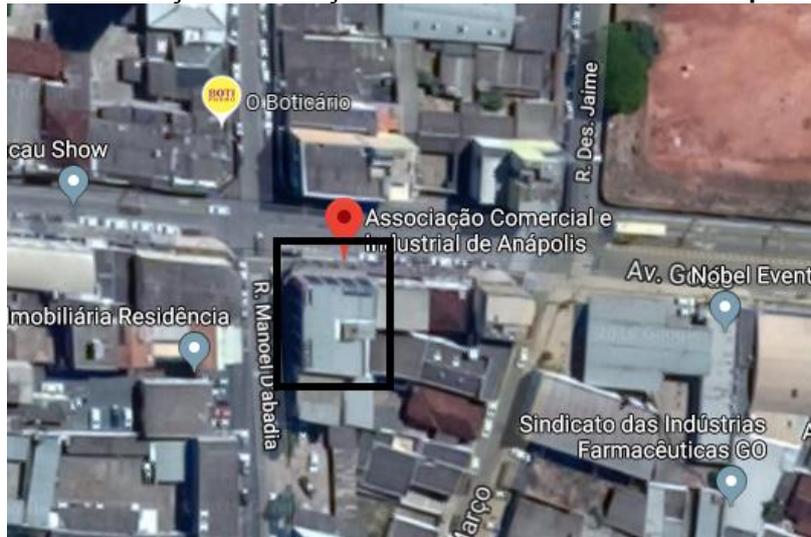
De acordo com dados levantados por Neosolar (2015) caso dos sistemas isolados, ou autônomos, tem seus custos mais elevados que os sistemas *on-grid*, e são caracterizados por não se conectarem à rede elétrica, ou seja, o sistema se auto sustenta através da utilização de baterias. Ou seja, em casos de dias que a produção supere o consumo, o excesso é enviado ao banco de baterias para que a noite, quando o consumo supera a produção, a energia armazenada possa ser utilizada. Por ser um sistema onde as baterias são a única fonte alternativa de energia para momentos que não tem luz solar, é preciso saber dimensionar com precisão a quantidade de painéis solares, para não ficar em escassez.

### 3 ESTUDO DE CASO

A pesquisa abordada caracteriza-se como exploratória por meio do estudo de caso, com abordagem descritiva e qualitativa na qual verifica-se a viabilidade econômico-financeira na implantação de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede de distribuição (*on-grid*), conforme a Resolução 482/2012 da Aneel. A instalação será na Associação Comercial e Indústria de Anápolis - ACIA, localizada na R. Manoel D'abadia, 335 – Setor Central no município de Anápolis-GO.

Os dados relacionados nesse estudo de caso foram coletados diretamente na empresa autorizada Blue Window Energia, ao qual trata-se de uma organização integradora de soluções fotovoltaicas, estabelecida na Rua Travessa Marcílio Dias N°40, município de Anápolis-GO, por meio de entrevistas não-estruturadas no período de Agosto de 2019 a Outubro de 2019.

Figura 2 - Localização Associação Comercial e Indústria de Anápolis-ACIA



Fonte: Google Maps.

De acordo com a análise da Figura 2 e visita ao local podemos atribuir os seguintes dados:

- I. Sombreamento: Não há construções verticais ou obstáculos ambientais projetando sombra.
- II. Latitude: 16,301° S e Longitude: 48,949° O.
- III. Orientação do telhado: estrutura metálica, com inclinação voltada a Leste, favorecendo o horário de maior incidência solar, ao meio-dia.

Tendo em vista que a irradiação solar do empreendimento abordado representa uma média de 5,21 kw/m<sup>2</sup> ao mês.

#### 3.1 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

A Associação Comercial e Indústria de Anápolis - ACIA é composta por nove salas comerciais ao qual cada sala possui individualmente seu consumo de energia mensal, de acordo com a descrição a seguir, evidenciando o consumo do mês de agosto de 2019.

De acordo com o Tabela 1 abaixo, após análise das faturas de energia foram extraídos os seguintes dados:

**Tabela 1 - Dados conta de energia.**

Unidade consumidora	Média anual de consumo de energia kWh	Valor da Tarifa do kWh	Valor médio (R\$)	Rateio (%)
<b>20404827</b>	310,9170	0,848700	R\$270,50	6
<b>20030435</b>	1172,17	0,848700	R\$1.019,79	16
<b>20030423</b>	722,08	0,848700	R\$628,21	2
<b>20030393</b>	62,92	0,848700	R\$54,74	1
<b>20030381</b>	18,08	0,848700	R\$15,73	5
<b>20030411</b>	259,6667	0,848700	R\$225,91	2
<b>20030370</b>	58,50	0,848700	R\$50,90	8
<b>20030400</b>	344,5833	0,848700	R\$299,78	27
<b>20033242</b>	1444,17	0,848700	R\$1.256,43	33
<b>TOTAL</b>	<b>4393,09</b>	<b>0,848700</b>	<b>R\$3.821,99</b>	<b>100</b>

Fonte: ENEL (2019).

De acordo com os dados apresentados nas faturas de energia na Tabela 1, a divisão proporcional de custos, ou seja, rateio, é expresso em porcentagem ao qual refere-se à geração distribuída, que é direcionada e homologada para cada unidade distribuidora conforme sua geração mensal produzida de acordo com a Enel.

A ACIA e demais clientes da ENEL apesar de gerar sua própria energia, este é obrigado a pagar à concessionária um valor referente à disponibilidade do serviço prestado e à disposição do sistema elétrico, ao qual este parâmetro é chamado de Custo de Disponibilidade, e por fim é cobrado de acordo com Tipo de Ligação da Unidade Consumidora.

Consequentemente, é necessário dimensionar o sistema, a fim de gerar o montante médio de todas as unidades consumidoras em kW, ao qual é subtraído pelo custo de disponibilidade.

$$E_c = E_m - C_d \quad (1)$$

Onde:

- $E_c$  = Energia de compensação, sendo o valor que o sistema deverá gerar mensal (kWh/mês).
- $E_m$  = Consumo médio de eletricidade (kWh/mês), somatório das nove unidades consumidoras.
- $C_d$  = Custo de disponibilidade.

Portanto em ênfase no empreendimento abordado, possui tipo de ligação monofásico, ao qual corresponde 30 kWh/mês (cada unidade consumidora), ou seja, multiplicando por nove unidades totaliza 270 kWh/mês e o consumo médio anual do somatório de todas unidades consumidoras é 4393,09 kWh, portanto o cálculo será equivalente:

$$E_c = 4393,09 - 270 = 4123,09 \text{ kWh/mês} \quad (2)$$

A Geração Ideal é de aproximadamente 4123,09 kWh. Isso significa que, no final dos 30 dias do mês (em média) o Sistema Fotovoltaico deverá gerar em torno de 4123,09 kWh.

No entanto para o dimensionamento, é aconselhável trabalhar com o valor de geração diária. Aplica-se então a equação abaixo, para determinar o valor da “Energia de Compensação em Média Diária”:

$$E_{cdiário} = \frac{E_c}{30} \quad (3)$$

Onde:

- $E_{cdiário}$ : Energia de Compensação em Média Diária – em kWh/dia;
- 30: Constante relativa à quantidade de dias do mês, em média.

Portanto aplicando-se esta equação, com base nos dados obtidos anteriormente, obtêm-se:

$$E_{cdiário} = \frac{E_c}{30} = \frac{4123,09}{30} = 137,44 \text{ kWh/dia} \quad (4)$$

Nesse sentido, conforme expresso na equação 4, o sistema ideal deve ser dimensionado para gerar no mínimo 137,44 kWh/dia, devido às perdas ocorridas nos cabamentos e no inversor.

No entanto, a fim de cálculo de projeto otimiza-se o sistema em relação a Energia de Compensação em Média Diária, por questões de eficiência dos módulos e do inversor. A tensão e a corrente produzida pelo painel fotovoltaico podem variar conforme a irradiação solar, sombras e as demais constantes que causam perdas no Sistema. Por isso, usualmente, adiciona-se 20% da geração diária, conforme apresentado a seguir:

$$E_{cdiário} + 20\% = 164,93 \frac{kWh}{dia} \quad (5)$$

Em sequência, outro fator relevante ao qual será utilizado no projeto, é o cálculo para descobrir a potência pico do sistema fotovoltaico instalado na associação, para obter-se, é necessário dividir a Energia de Compensação em Média Diária pela irradiação solar média em Anápolis-GO, conforme dado obtido anteriormente pela tabela 1 de acordo CRESESB (2018).

$$W_p = \frac{E_{cdiário}}{IS} \quad (6)$$

Onde:

- $W_p$  = É a potência pico do sistema;
- $IS$  = Irradiação solar em kW/m<sup>2</sup> dia.

Sendo assim aplicando-se esta equação nos com base nos dados obtidos anteriormente, obtêm-se:

$$W_p = \frac{E_{cdiário}}{IS} = \frac{164,93}{5,21} = 31,66 \text{ kWp} \quad (7)$$

Consequentemente para descobrir o número de placas fotovoltaicas que foram instaladas no projeto da associação, utiliza-se a potência pico do sistema dividido pela

potência de cada placa solar, no caso a placa utilizada no sistema fotovoltaico possui potência de 340 W, ou seja, equivalente a 0,34 kW.

$$N = \frac{Wp}{Pplaca} \quad (8)$$

Onde:

- $N$  = número de placas;
- $Pplaca$  = potência de uma placa fotovoltaica.

Por fim, aplicando-se esta equação com base nos dados obtidos anteriormente, obtêm-se:

$$N = \frac{Wp}{Pplaca} = \frac{31,66}{0,34} = 93,12 \approx 94 \text{ placas} \quad (9)$$

Portanto para dimensionar a potência do inversor que será utilizado no sistema, leva-se em consideração a quantidade de placas multiplicado pela sua potência em kW.

$$\text{Potência Inversor} = N \times Pplaca \quad (10)$$

Onde:

- *Potência necessária do inversor para o sistema.*

Nesse sentido cálculo estabelecido será:

$$\text{Potência Inversor} = N \times Pplaca = 94 \times 0,34 = 31,96 \text{ kWp} \times 1000 = 31960 \text{ Wp} \quad (11)$$

No entanto de acordo com Portal Solar (2017), estima-se que a utilização de um inversor sempre seja de potência inferior ao do sistema, para ter uma maior eficiência, superdimensionando o mesmo com até 1/3. Nesse sentido, quando os painéis são superdimensionados, o inversor gastará menor tempo operando com menor eficiência em luz solar fraca, dessa maneira a eficiência média mais alta otimiza a compensar a perda de energia elétrica quando a saída de energia dos painéis exceda a capacidade nominal do inversor.

Portanto, com o superdimensionamento a potência do inversor resultará 30000 Wp.

### 3.2 DIMENSIONAMENTO DO GERADOR SOLAR

Para dimensionar um gerador solar é necessário análise rigorosa de várias variáveis de cálculo, ao qual foram feitos os cálculos anteriormente. Portanto, o objetivo de evitar erros grosseiros e tornar economicamente viável e seguro a implantação do projeto na associação, a empresa autorizada Blue Window Energia, realiza tal procedimento com base em programas e simuladores restrito a empresa, para o fornecimento de dados e orçamentos, tornando o cálculo rápido, eficaz, preciso, facilitando e automatizado parte dos cálculos, monitorado a ponto por profissionais qualificados da área de engenharia elétrica e civil, garantindo a confiança da associação para implantação do projeto fotovoltaico.

Com o uso do simulador fornecido pela empresa autorizada Blue Window, pode ser extraído os seguintes dados:

- Potência mínima necessária de 31,96 kWp;
- Área ocupada pelo sistema no telhado de 235,27m<sup>2</sup>;
- Energia que será gerada de 4123,82 Kwh/mês.

### 3.3 ORÇAMENTO E DETALHAMENTO PARA O MICRO GERADOR SOLAR

O sistema de implantação do projeto de microgerador solar na associação, é composto de várias etapas e sua fixação assim como o orçamento final do projeto dependerá em parte do tipo de telhado ao qual será instalado.

É importante ressaltar, como já foi mencionado, o telhado onde será a instalação é em telhas galvanizadas, portanto com base nessa informação, a Figura 3 a seguir, especificará cada item a ser utilizado no gerador de energia fotovoltaico de 31,96 kWp, sendo composto por:

**Figura 3- Orçamento analítico e resumido do projeto da associação**

INSUMO	QNTDADE	\$/UN/INSUMO	\$/TOTAL/INSUMO
DPS CA 1000VDC 20-40 ka	8	R\$178,00	R\$1.424,00
DISJUNTOR TRIPOLAR CA 63 - WEG	1	R\$43,45	R\$43,45
INVERSOR SUN2000L-33KTL-A	1	R\$38.250,00	R\$38.250,00
MÓDULO ASTRONERGY 340W	94	R\$740,69	R\$69.624,86
CHAVE SECCIONADORA CC 1500V	8	R\$229,00	R\$1.832,00
FUSIVEL SOLAR 10X38 1000Vdc 15A	16	R\$15,90	R\$254,40
PORTA FUSIVEL SRD-30 1000VDC	16	R\$15,90	R\$254,40
CABO ALUMINIO DUPLEX 6MM COM 200M	2	R\$436,05	R\$872,10
PERFIL BARRA TRILHO C/ 2 UNI	180	R\$189,00	R\$34.020,00
GRAMPO TERMINAL C/30 UNI	6	R\$150,00	R\$900,00
GRAMPO INTERMEDIARIO C/10 UNI	36	R\$80,00	R\$2.880,00
CONECTOR FEMEA NC4	20	R\$45,00	R\$900,00
CONECTOR MACHO NCS	20	R\$65,00	R\$1.300,00
<b>TOTAL</b>			<b>R\$152.555,21</b>

Fonte: Adaptado da Blue Window Energia (2019).

**Figura 4 - Telhado da associação**



Fonte: Blue Window Energia (2019).

Os painéis solares utilizados na instalação desse projeto, é de Silício Policristalino, contendo dimensão de 1,96 x 0,99 x 0,04 m, da marca WEG, potência de 340 W, e sua garantia de fábrica é de 12 anos, colocando em consideração que os módulos apresentam uma perda de rendimento de 0,7 % ao ano, tendo os equipamentos vida útil de 25 anos, nesse período produzido 80% de potência.

O inversor a ser utilizado será o Inversor String SIW500H - ST030, com potência ativa de 30000 Wp, eficiência máxima de 93,6% e garantia de fábrica de 7 anos.

O Quadro 1 abordará os principais itens para instalação do sistema:

**Quadro 1 - Equipamentos do sistema**

DPS CA 1000VDC 20-40 ka – Clamper Solar	
DISJUNTOR TRIPOLAR CA 63 - WEG	
INVERSOR STRING, SIW500H - ST030	
MÓDULO ASTRONERGY 340W	
CHAVE SECCIONADORA CC 1500V	
PORTA FUSIVEL E FUSIVEL SOLAR10X38 1000Vdc 15A	
CABO ALUMINIO DUPLEX 6MM COM 200M	
PERFIL BARRA TRILHO	
GRAMPO TERMINAL C/30 UNI	
CONECTOR FEMEA MC4	
CONECTOR MACHO MC4	

Fonte: Adaptado da Panda Energia Solar (2019).

### 3.4 RESUMO DO SISTEMA

Posteriormente todas análises e cálculos, o sistema dimensionado será:

**Tabela 2 - Resumo do Sistema Dimensionado.**

Potência pico do sistema	31,96 kWp
Área ocupada pelas placas	235,27 m <sup>2</sup>
Radiação solar do local	5,21 kWh/m <sup>2</sup> /dia
Geração mensal do sistema	4123,82 kWh/mês
Economia anual	R\$41.998,63
Total do Investimento com mão de obra	R\$119.140,25
Retorno do Investimento	3 anos

Fonte: Autores.

#### 4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA

Portanto, conforme detalhamento analítico do sistema e com autorização da empresa Blue Window Energia, a Figura 5 a seguir, representará os valores pagos para cada tipo de serviço referente ao projeto de geração de energia fotovoltaica de 31,96 kWp:

**Figura 5 - Cotação do Sistema Dimensionado.**

Equipamento	R\$	79.228,27
Imposto	R\$	9.531,22
Consultoria Técnica e Financeira	R\$	5.957,01
Mão de Obra (instalação e serviços adversos)	R\$	11.914,03
Materiais complementares	R\$	12.509,73
TOTAL:		R\$ 119.140,25

Fonte: Adaptado de Blue Window Energia (2019).

##### 4.1 TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Para o cálculo do tempo de retorno do investimento, leva-se em conta a tarifa vigente de R\$ 0,85/kWh no ano de 2019, e uma inflação energética projetada de 6% ao ano no Brasil. Para calcular a economia mensal, de acordo com a Tabela 3, leva-se em consideração o consumo de energia média, subtraída pelo custo de disponibilidade, devido ser uma despesa obrigatória. Sendo assim, para obter o valor anual, multiplicamos a compensação mensal pelos 12 meses decorrentes, resultando em uma economia de R\$ 42.005,52 no primeiro ano. No ano seguinte, ou seja 2020, o valor de economia anual será de R\$44.578,85 e por fim no ano de 2021, será equivalente a R\$47.253,58.

Portanto o sistema implantado irá gerar um retorno de investimento após o terceiro ano, ou seja R\$133.887,95, respectivamente quando o valor da economia produzida será superior ao valor do projeto instalado.

Tabela 3 - Fluxo de caixa.

ANO	TARIFA kWh (R\$)	CONSUMO MÉDIO MÊS (kWh)	TARIFA MENSAL (R\$)	CUSTO DE DISPONIBILIDADE	COMPENSAÇÃO ENERGÉTICA MENSAL	COMPENSAÇÃO ENERGÉTICA ANUAL
2014	R\$0,62	4393,09	R\$2.740,49	R\$168,43	R\$2.572,06	R\$30.864,71
2015	R\$0,66	4393,09	R\$2.915,42	R\$179,18	R\$2.736,23	R\$32.834,80
2016	R\$0,71	4393,09	R\$3.101,51	R\$190,62	R\$2.910,89	R\$34.930,64
2017	R\$0,75	4393,09	R\$3.299,47	R\$202,79	R\$3.096,69	R\$37.160,26
2018	R\$0,80	4393,09	R\$3.510,08	R\$215,73	R\$3.294,35	R\$39.532,19
2019	R\$0,85	4393,09	R\$3.734,13	R\$229,50	R\$3.504,63	<b>R\$42.055,52</b>
2020	R\$0,90	4393,09	R\$3.958,17	R\$243,27	R\$3.714,90	<b>R\$44.578,85</b>
2021	R\$0,96	4393,09	R\$4.195,66	R\$257,87	R\$3.937,80	<b>R\$47.253,58</b>
2022	R\$1,01	4393,09	R\$4.447,40	R\$273,34	R\$4.174,07	R\$50.088,79
2023	R\$1,07	4393,09	R\$4.714,25	R\$289,74	R\$4.424,51	R\$53.094,12
2024	R\$1,14	4393,09	R\$4.997,10	R\$307,12	R\$4.689,98	R\$56.279,77
2025	R\$1,21	4393,09	R\$5.296,93	R\$325,55	R\$4.971,38	R\$59.656,56
2026	R\$1,28	4393,09	R\$5.614,75	R\$345,08	R\$5.269,66	R\$63.235,95
2027	R\$1,35	4393,09	R\$5.951,63	R\$365,79	R\$5.585,84	R\$67.030,11
2028	R\$1,44	4393,09	R\$6.308,73	R\$387,74	R\$5.920,99	R\$71.051,91

$\therefore \sum 2019 \text{ a } 2021 = \text{R\$133.887,95}$

Fonte: Autores.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso proposto objetivou analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa sustentável para redução de custos e de diversificação energética em uma Associação Comercial e Indústria de Anápolis-ACIA do município de Anápolis-GO. Além disso, enfatizar que a utilização de energia proveniente do sol apresenta processo de obtenção de energia mais acessível no território brasileiro do que a geração de energia a partir de outras fontes.

Nesse sentido, a implantação de usinas e microgeradores a partir da energia solar têm se tornado modelo tendência no território brasileiro, a fim de contar com incentivos governamentais e privados para programas e linhas de crédito com taxas atrativas com objetivo de incrementar o crescimento da energia solar na matriz energética brasileira.

A elaboração deste trabalho foi de importância valiosa para obtenção de resultados concretos, de acordo com modelo comercialmente implantando, a partir de uma parceria com empresa especializada do ramo de energia solar, servindo como base de conhecimento para nossos usuários, e assim despertando-os interesse para aquisição de projetos como este abordado no estudo de caso, além de promover projetos sustentáveis no município proposto.

Os resultados obtidos a partir do playback descontado de fluxo de caixa, abordado na Tabela 2, revelaram que o projeto da implantação de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável para o período analisado, considerando os dados propostos e tempo de retorno de investimento em três anos.

Conclui-se que, além de reduzir custos e de apresentar viabilidade econômico-financeira para a implantação do projeto referente a associação analisada, a energia solar, uma das mais importantes dentre as fontes de energias renováveis, gerará benefícios inestimáveis também ao meio ambiente em longo prazo, minimizando impactos ambientais e sociais na sociedade, além de minimizar indiretamente a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Por fim, modelos como estes adotados, contribuirá diretamente no mercado, como incentivo de minimizar os custos de equipamentos, perante a lei de oferta e demanda, além de incentivar pesquisas para o ramo aprimorando cada dia mais a implantação de geradores e usinas solares fotovoltaicas.

## REFERÊNCIAS

ABREU FILHO, José Carlos Franco de; SOUZA, Cristóvão Pereira de; GONÇALVES, Danilo Amerio; CURY, Marcus Vinícius Quintella. **Finanças Corporativas**. Rio de Janeiro: FGV, 2003.

Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica**. – Brasília: ANEEL, 2002.

ALVARENGA, Carlos Alberto. **Energia Solar**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2001.

ALVES, Guilherme Henrique. **Projeto e análise da viabilidade econômica da instalação de painéis fotovoltaicos no setor industrial**. 2016. 106f. Monografia apresentada ao curso de Engenharia Elétrica, da Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2016.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 482**, de 17 abr. 2012.

BLUESOL. **Energia Solar: Como Funciona? – O Efeito Fotovoltaico**, disponível em <<http://www.blue-sol.com/energia-solar/energia-solar-como-funciona-o-efeito-fotovoltaico/>>, publicado em 23 de dezembro de 2011.

BRADESCO, Banco. **CDC Energia Fotovoltaica: A luz do sol gerando energia e economia para sua empresa**. Disponível em: <<https://banco.bradesco/html/pessoajuridica/solucoes-integradas/emprestimo-e-financiamento/cdc-energia-fotovoltaica.shtm>>.

BRAGA, R. P.; **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações** 2008. Monografia apresentada ao Curso de Engenheiro Eletricista da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CARNEIRO, Joaquim. **Módulos fotovoltaicos - característicos e associações**. Universidade do Minho. Escola de Ciências - Departamento de Física. Campus de Azurém, Portugal, 2010.

CAMPOS, Henrique Marin van Der Broocke. **Geração distribuída de energia solar fotovoltaica na matriz elétrica de Curitiba e região: um estudo de caso**. 2016. 162 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

CORONA SOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica**, disponível em <<http://www.coronasolar.com.br/>>, publicado em 2017.

CRESESB; **Energia Solar**: princípios e aplicações. Rio de Janeiro, 2006.

DASSI, Jonatan Antonio; ZANIN, Antonio; BAGATINI, Fabiano Marcos. **Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil**. 2015. 16 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Instituição de Ensino Superior de Santa Catarina, Foz do Iguaçu, 2015.

EP, Empresa de Pesquisa Energética -, **Balço Energético Nacional 2018**: Relatório Síntese ano base 2017. 2018. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Disponível em: <<file:///C:/Users/ferna/Desktop/TCC/ARTIGOS/Relatório%20Síntese%202018-ab%202017vff.pdf>>.

GONÇALVES, Daniel de Almeida Silva. **Energia solar fotovoltaica para alimentação de uma estação elevatória de água**. 2014. 157 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Umc - Universidade de Mogi das Cruzes, São Paulo, 2014.

KRINAT SOLAR. **A importância das ligações série e paralelo entre os módulos**, disponível em <<https://krinatsolar.com.br/ligacoes-serie-e-paralelo-entre-os-modulos/>>, publicado em 04 de outubro de 2017.

NACIONAL, Jornal; IPEA. **Em 2 anos, painéis de energia solar no Brasil crescem de 7 mil para 49 mil**: São 80 milhões de brasileiros abastecidos pelo vento. Estudo do Ipea afirma que o país está cumprindo a meta da ONU de investir mais em fontes limpas e renováveis até 2033. Disponível em: <<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2019/05/06/em-2-anos-paineis-de-energia-solar-no-brasil-crescem-de-7-mil-para-49-mil.ghtml>>.

NEOSOLAR. **Sistema isolados - off-grid**, disponível em <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-isolados-off-grid>>, publicado em 2015.

NOGUEIRA, Paula Comarella. **Estudo de viabilidade econômica da instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica de energia do rio de janeiro: um estudo de caso**. 2016. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

PINHO, Joao Tavares et al. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2014. 530 p.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JORDAN, Brandford D. **Princípios de administração financeira**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

SOLAR BRASIL. **Sistema de Geração distribuída – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede (on grid / grid tie)**, disponível em <<http://www.solarbrasil.com.br/blog-da-energia-solar/158-sistema-de-geracao-distribuida-sistemas-fotovoltaicos-conectado-a-rede-on-grid-grid-tie>>, publicado em 2016.

SANTOS, Fabrício Almeida; SOUZA, Carlos Alberto de; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. **ENERGIA SOLAR: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG.** 2015. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Fumec, Ipatinga, 2015.

VALLÊRA, Antonio M.; BRITO, Miguel Centeno. **Meio século de história fotovoltaica.** Gazeta de Física, Lisboa, 2006.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações – sistemas isolados e conectados à rede.** Editora Érica, 2012. ANEEL.