

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA CONDOMÍNIO NA CIDADE DE MOSSORÓ-RN

Matheus de Oliveira Dias

Resumo: A demanda de energia elétrica está cada vez maior devido à crescente dependência das pessoas por equipamentos eletroeletrônicos. A energia solar é uma fonte alternativa de energia com impactos ambientais mínimos, mas ainda é uma tecnologia cara. Como na região Norte-Nordeste há uma maior incidência de irradiação solar, um projeto com essa tecnologia torna-se mais viável. Pensando nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo deixar 80% da demanda de carga elétrica de um condomínio residencial na cidade de Mossoró-RN proveniente de painéis fotovoltaicos. Para isso foi necessário fazer um planejamento da instalação dos painéis em cada residência, iniciando o levantamento do consumo diário de cada casa. Em seguida foi feito o dimensionamento dos painéis fotovoltaicos, do inversor e do sistema de proteção. Assim ao fazer uma análise dos dados levantados, foram obtidos resultados positivos (um grupo de dez casas tem um consumo mensal médio de 350,7 KWh e os painéis produziram uma média mensal de 449,28 KWh). A partir dos dados, conclui-se que apesar do elevado custo inicial, o retorno financeiro se dá entre 5 e 6 anos, sendo gerado lucro a partir daí até o fim da vida útil dos painéis, em torno de 25 a 30 anos.

Palavras-chave: Energia solar; Painéis fotovoltaicos; Análise de custos.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda da energia elétrica é cada vez mais importante o investimento nas fontes alternativas de energia no intuito de diversificar a matriz elétrica brasileira [13]. O Brasil é privilegiado com fontes naturais de energia devido a sua geografia e localização, principalmente a região norte e nordeste que por estarem próxima a linha do Equador recebe uma alta irradiação de luz solar durante o ano todo.

Um sistema fotovoltaico pode atingir diferentes níveis de potência, para isso o sistema deve estar bem dimensionado, evitando subdimensionamento ou superdimensionamento, consequentemente não gastará a mais com equipamentos desnecessários, assim afetando direto o tempo de retorno e garantindo a máxima eficiência possível do sistema.

Com isso, o presente estudo tem como objetivo analisar o investimento econômico da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede para atender 80% da demanda da carga elétrica de um condomínio residencial situado na cidade de Mossoró-RN.

Nos dias atuais é notável o quanto esse sistema é pouco utilizado para as mais variadas aplicações, apesar de todas as suas vantagens. Desta forma esse trabalho visa mostrar como funciona esse sistema, mostrar todos os equipamentos necessários (painéis, inversor, cabeamento, equipamentos de proteção, estrutura base) para o seu funcionamento, mostrar o método de instalação mais eficiente e eficaz e mostrar os custos da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.

2. DESENVOLVIMENTO

Energia solar é a energia proveniente da radiação eletromagnética causada pelo Sol, sendo obtida energia elétrica através de painéis fotovoltaicos, podendo ser feitos de diferentes materiais, também tem os painéis feitos para que absorver calor, servindo como aquecedor de água. Ela é um tipo de energia renovável, ou seja, uma energia proveniente de recursos naturais e pode ser reabastecidos, provocando impactos ambientais bem menor em relação a outras fontes de energia mais utilizadas hoje em dia, como no caso do Brasil, onde a maior parte de sua energia elétrica produzida vem das hidroelétricas, que por sua vez, para serem construídas causam grande impacto ambiental, com grandes inundações, alteração do curso de rio, entre outras que afetam o ecossistema daquele ambiente.

Para que se possa obter energia através do Sol, nos painéis ocorre o efeito fotovoltaico, tem por sua vez é o surgimento de uma tensão elétrica em um material semicondutor, quando exposto a uma luz visível [10].

Os materiais semicondutores se destacam por apresentarem características próprias na geração de energia solar,

onde nelas apresenta duas camadas chamadas de bandas, em que a primeira é a banda de valência e a segunda a banda de condução. Na temperatura ambiente, os elétrons absorvem energia na forma de calor e passam para a banda de condução, contudo a passagem de elétrons entre as bandas ainda é pouca, então para melhorar essa eficiência utiliza-se um processo conhecido como dopagem, feito em semicondutores para a produção de energia elétrica. Entre as duas camadas encontra-se a faixa proibida ou hiato energético, tendo em vista que os materiais isolantes têm uma faixa proibida de 6eV, enquanto os semicondutores têm uma faixa proibida em média de 1eV. Com isso para que os elétrons saiam da banda de valência para a banda de condução, os fótons terão que incidir sobre o semicondutor uma energia maior que o hiato de energia (*gap*).

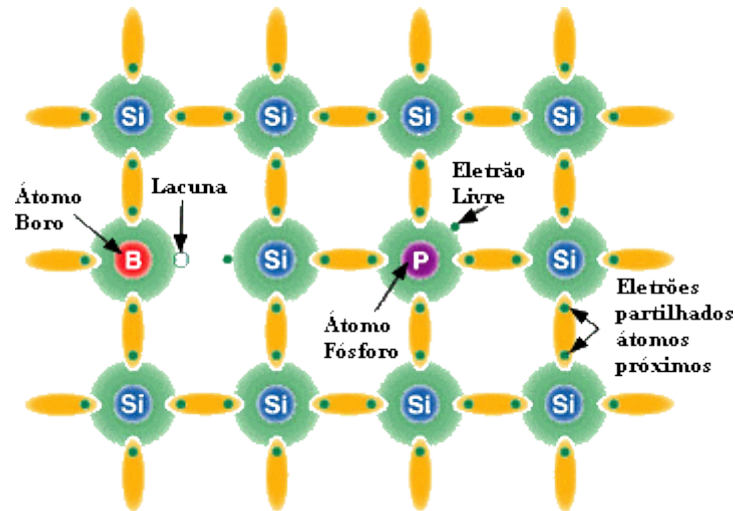


Figura 1. Material semicondutor. Fonte: ELETRONICA-PT, 2018 [6].

Nos painéis fotovoltaicos feitos de silício, seus átomos apresentam quatro elétrons na camada de valência para ligar aos demais formando uma rede cristalina, aplicando um processo chamado de dopagem, onde é acrescentado o fosforo, que apresentam cinco elétrons na camada de valência, assim sobrando elétrons nas ligações com o silício, esses são chamados de doador do tipo N, assim acaba sobrando elétrons, que são ligados fracamente ao seu átomo de origem. No mesmo processo também é acrescentado o boro, composto por átomos com apenas três elétrons na camada de valência, esse, no entanto, forma lacunas nas ligações com o silício, chamado de dopante do tipo P.

Essas lacunas fazem com que os elétrons livres do fosforo queiram cada vez mais preenchê-las, formado assim pares chamados de elétrons-lacuna. Ao receberem incidência luminosa que contem fótons, com energia superior ao *gap*, começando a acelerar, se movimentando querendo preencher cada vez mais essas lacunas. Quando conectado um fio as extremidades dos painéis, os elétrons iram circular nele, devido a zona de depleção formada na região da junção PN, onde um material perde elétrons para o outro, o grande número de combinações elétrons-lacuna supersaturando a região, impede a passagem de elétrons para o outro lado, fazendo com que funcione as células fotovoltaicas pelo princípio de Becquerel.

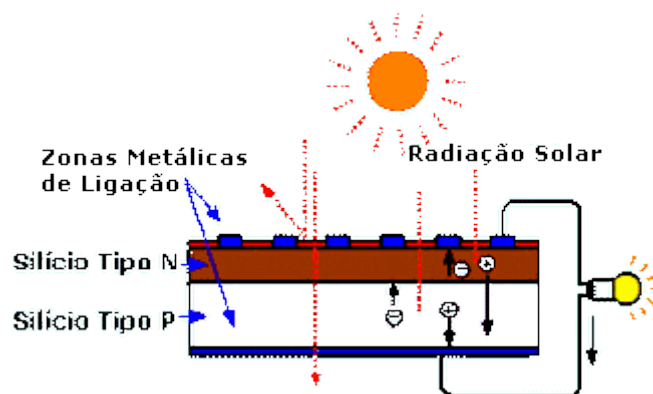


Figura 2. Efeito fotovoltaico. Fonte: ELETRONICA-PT, 2018 [6].

2.1. Sistema fotovoltaico

Os painéis fotovoltaicos na maioria comercializada para se utilizar em casas e empresas são compostos por alguma variação de silício, alternando apenas na sua variação. As mais comuns de se encontrar são as de silício monocristalino, policristalino e amorfo.

- Painéis de silício monocristalino são caracterizadas por um material homogêneo, pois a pureza do silício utilizado chega a ser acima de 99%, normalmente mais escuros para evitar a reflexão. Assim tem os maiores níveis de eficiência do mercado, entre 14% e 21%. Consequentemente seus painéis ocupam menos espaço para produzir mais energia elétrica e tem uma vida útil de mais ou menos 30 anos, dependendo do tipo e do fabricante. Com todos esses pontos positivos, o principal ponto negativo fica seu preço, sendo os mais elevados;
- Painéis de silício policristalino se diferenciam das monocristalinas principalmente pelo seu nível de impureza, fazendo com que sua eficiência seja reduzida, ficando ente 13% e 16,5%. Esses painéis são mais baratos que a anterior, pois com a redução na quantidade de silício utilizado, acaba diminuindo os custos da produção e ainda tendo a e sem comprometer a vida útil;
- Painéis de silício amorfo são as mais comuns de se encontrar no dia a dia, pois como tem uma baixa produção de energia, com 6% a 9% de eficiência, assim são mais utilizados em objetos de baixo consumo, como a calculadora de bolso. Para se utilizar na geração de energia residencial ou de maiores consumos, é necessário passar por um processo de chamado de “empilhamento”, aumentando bastante o custo da produção [10].

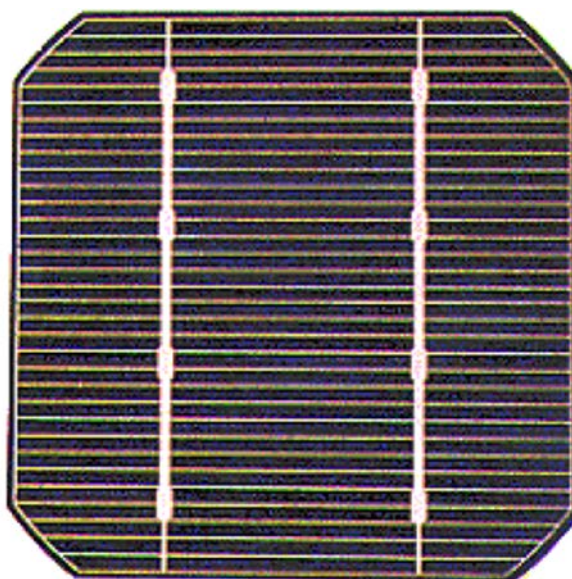


Figura 3. Célula de silício monocristalino. Fonte: PINHO e GALDINO, 2014 [13].

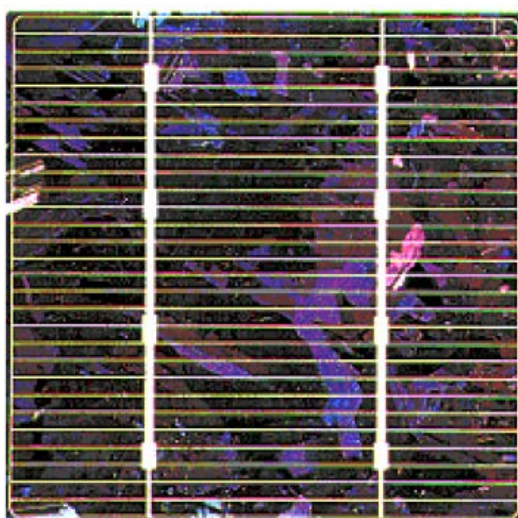


Figura 4. Célula de silício policristalino. Fonte: PINHO e GALDINO, 2014 [13].

Os sistemas fotovoltaicos podem ser isolados, híbridos e conectado à rede, cada um contém suas características e seus equipamentos que os constituem. Por estar conectado à rede não é necessário o uso de baterias para armazenar carga, mas se torna indispensável o uso do equipamento de proteção e do inversor, pois a energia elétrica gerada pelos painéis é em corrente contínua, ao contrário a rede elétrica, que é alternada assim como todos os equipamentos domésticos.

Em locais que optem por usar o sistema conectado à rede da concessionária, utiliza-se um medidor bidirecional, capaz de computar tanto a quantidade de energia fornecida da rede para o consumidor, como também contabilizar o excedente de energia produzida do sistema fotovoltaico que está sendo injetado na rede [2]. A Figura mostra um esquema simples de como funciona um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica:

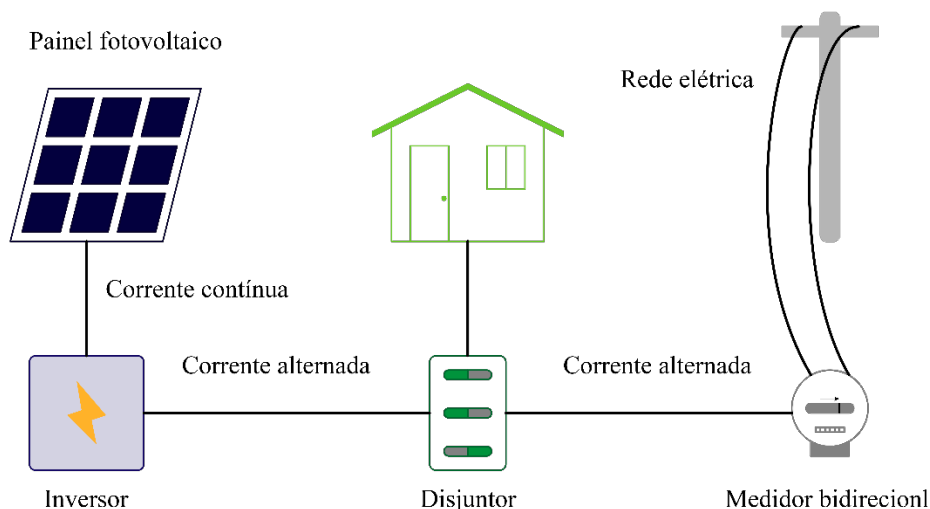


Figura 5. Sistema fotovoltaico conectado à rede. Fonte: Autoria própria, 2018.

Os componentes de um sistema fotovoltaico podem ser divididos em duas partes, a primeira é a parte geradora, que estão os módulos fotovoltaicos, os suportes que a segura e a fiação que conecta os painéis. A segunda parte é a de condicionamento de potência, onde se encontram os inversores e os dispositivos de proteção e controle. Esses equipamentos são essenciais para sistema fotovoltaico conectado à rede, mas se for utilizar um sistema isolado ou híbrido, pode haver mais equipamentos, como os controladores de carga, quando se usam baterias.

- O painel fotovoltaico há um conjunto de células fotovoltaicas, quando recebe a luz solar é transformada cerca de 10% dela em energia elétrica. Os painéis podem estar associados em série ou em paralelo, sendo a associação em série é a mais comum, pois a tensão é somada e a corrente é contínua, assim até atingir o nível de tensão que possibilite a carga no armazenamento, contrário a associação em paralelo, que soma a corrente e deixa a tensão contínua;
- O inversor de frequência é responsável por transformar a corrente contínua gerada pelos painéis fotovoltaicos em corrente alternada, tendo sua amplitude e frequência de acordo com a rede da concessionária no Brasil, é utilizada uma tensão de 127 ou 220 Volts e uma frequência de 60 Hz. A escolha do inversor pode ser para rede do tipo monofásica ou trifásica, e se conectada à rede ou isolada, com ou sem armazenamento;
- Os cabos seguem os mesmos padrões de uma instalação elétrica convencional, mas na parte das células fotovoltaicas até o inversor, por ser corrente, deve ser determinado o fio através de tabelas com níveis de queda de tensão de 1% e 3% também em corrente contínua, especificando a sua tensão nominal entre 12,24 e 48 Volts, através da NBR 5410 ou programa específicos para esse dimensionamento, levando em consideração o comprimento do cabeamento, a tensão nominal e a perda admissível;
- Os equipamentos de proteção são indispensáveis para esse sistema desse, para evitar que sofra com sobrecargas e curtos-circuitos. São mais utilizados disjuntores, os disjuntores de corrente alternada não funcionam em corrente contínua, deve ser escolhido um disjuntor específico para cada tipo de corrente, também a equipamentos como as chaves seccionadoras, os fusíveis e os equipamentos de proteção contra surtos;
- Em sistemas conectados à rede deve haver medidores do tipo bidirecionais, assim podendo medir a energia injetada na rede e a energia consumida da rede, mas também pode ser feito com dois medidores unidirecionais, sendo um para cada função;
- A estrutura base deve ser montada onde melhor se adequa as conformidades de instalação dos painéis, tendo em vista a dimensão, composição, melhor ângulo para receber a radiação solar, recebendo uma boa ventilação para ajudar a dissipar o calor, diminuindo assim superaquecimento, podendo ser instalado no solo, poste, fachada ou telhado.

2.2. Metodologia

Esta seção visa mostrar o procedimento utilizado para a instalação dos painéis fotovoltaicos e fazer todas as análises de custo, se vai ser viável ou não. Para entender melhor, a Figura 1 mostra os passos em sequência do dimensionamento desse sistema.

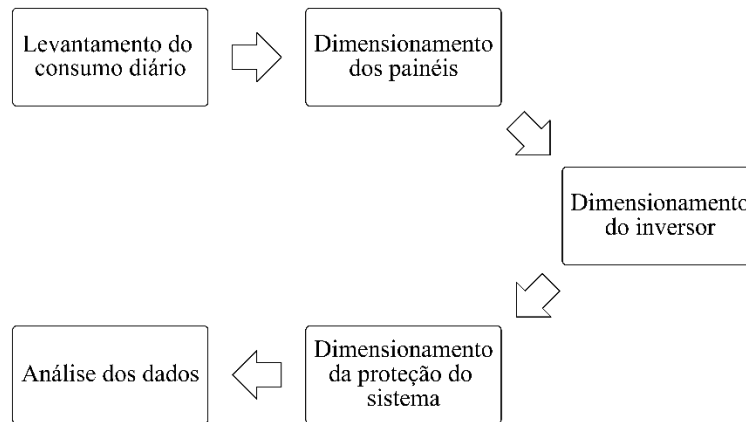


Figura 6. Para o dimensionamento. Fonte: Adaptado de LIMA, 2017 [9].

O trabalho se caracteriza como sendo um estudo de caso [4], uma vez que se deseja analisar se a instalação de painéis fotovoltaicos nas residências é viável ou não. Dessa forma, foi realizada análises de custos, desde a instalação até a manutenção de painéis fotovoltaicos, em dez casas.

Para esse estudo utilizar-se painéis fotovoltaico do tipo policristalino, por ter um preço mais acessível, com o inversor do tipo síncrono, pois o sistema apenas estará ligado à rede elétrica da concessionária. A energia gerada pode ser totalmente consumida pelo morador, como também pode ser vendida a concessionária, com o retorno financeiro sendo abatido na conta de luz do mês, mas dependendo do recurso solar e da capacidade de geração do sistema, o consumidor ainda ganha dinheiro se gerar mais do que consome.

2.2.1. Dimensionamento dos painéis

Para o dimensionamento dos painéis fotovoltaicos será utilizada a equação de demanda de pico do painel fotovoltaico, como mostra a Equação 1:

$$P_{FV}(Wp) = \frac{(E/TD)}{HSP_{MA}}$$

Equação 1

$P_{FV}(Wp)$ - Potência de pico do painel fotovoltaico;

E (Wh/dia) - Consumo diário médio anual da edificação (ou fração deste), que será a potência instalada vezes o número de horas de funcionamento diárias;

HSP_{MA} (h) - Média diária anual de sol pleno;

TD (adimensional) - Taxa de desempenho.

Nos sistemas fotovoltaicos conectado à rede, em locais bem ventilados e sombreados há uma taxa de desempenho de 70% a 80%. Pelas condições favoráveis de radiação solar no Brasil, para os cálculos será adotada uma taxa de 75%.

Para encontrar a quantidade de módulos utilizados no sistema fotovoltaico, utilizada a Equação 2:

$$N = \frac{P_{FV}(Wp)}{P_m(Wp)}$$

Equação 2

Com $P_m(Wp)$ é a potência individual por módulo. Se o resultado de N der um valor fracionado, sempre deve arredondar para o próximo valor inteiro. Tendo em vista que para o dimensionamento dos painéis e do inversor, deverá ser definido se o sistema vai ser em serie ou em paralelo.

2.2.2. Dimensionamento do inversor

Só pode ser escolher qual inversor deve utilizar, quando for determinado a demanda que vai para o mesmo, pois deverá ver se vai ser menor ou igual a potência do inversor. A potência do gerador e do inversor deve ser ajustada pelo parâmetro chamado de Fator de dimensionamento de inversores (FDI), onde o valor deste fator deve estar entre 0,75 e 0,85 [13]. Esse fator é dado pela Equação 3:

$$FDI = \frac{P_{Nca}(W)}{P_{FV}(Wp)}$$

Equação 3

FDI (adimensional) - Fator de dimensionamento do inversor;
 $P_{Nca}(W)$ - Potência nominal em corrente alternada do inversor;
 $P_{FV}(Wp)$ - Potência pico do painel fotovoltaico.

2.2.3. Dimensionamento da proteção do sistema

Dispositivos de proteção, são importantes para garantir a integridade das pessoas e dos equipamentos, evitando que sobrecargas e curtos-circuitos queime-os. Nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, são necessários à instalação de disjuntores do tipo termomagnético e de um dispositivo de proteção contra surtos (DPS), que protege contra picos de tensão causados pela rede ou por fatores atmosféricos. Para evitar sobrecargas é necessário que a corrente nominal do disjuntor (I_n) seja maior ou igual a corrente de operação (I_b) e menor ou igual a corrente máxima (I_z), como mostra a Equação 4:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Equação 4

2.2.4. Análise dos dados

Por fim deve ser analisado o custo e a restituição do investimento, com o custo para a instalação do sistema fotovoltaico alto, só irá compensar, se o valor gasta for pago antes do fim da vida útil dos equipamentos. Esse tempo levado para cobrir os custos, é chamado de tempo de *payback*, assim após esse tempo, o retorno será lucro.

Ainda serão pagas tarifas a concessionária relacionadas aos impostos como PIS, COFINS e ICMS. Esses impostos variam mensalmente, mas disponibilizado pela concessionária (COSERN), o percentual médio para cada imposto, com PIS igual a 1,07%, COFINS igual a 5,85% e ICMS igual a 18%. Também devendo levar em conta que os módulos fotovoltaicos têm um período de depreciação, começando a ocorrer no segundo ano de uso e vai até o vigésimo quinto ano, onde a produção de energia fica estável.

2.3. Resultados e discussões

Inicialmente obtido o consumo de energia elétrica, durante um ano, das dez residências utilizadas para o estudo no condomínio, no período de abril de 2017 a março de 2018. Somado o consumo anual de cada casa, pode construir a Tabela 1:

Tabela 1. Consumo anual de cada residência. Fonte: Autoria própria, 2018.

Casa	Consumo anual (KWh)
01	2782
02	2828
03	3680
04	3799
05	9370
06	2370
07	4071
08	5384
09	3252
10	4571
TOTAL:	42107

Com esses resultados foi obtido o consumo anual médio das dez as casas, que ficara igual a 4210,7 KWh, a partir daí, para obter o consumo médio mensal ($C_{mês}$), divide pela quantidade de meses do ano:

$$C_{mês} = \frac{4210,7 \text{ KWh}}{12 \text{ meses}} = 350,9 \text{ KWh}$$

Equação 5

Em seguida, para determinar o consumo diário médio (C_d), pega o consumo médio mensal ($C_{mês}$), divide pela quantidade média de dias no mês:

$$C_d = \frac{350,7 \text{ KWh}}{30 \text{ dias}} = 11,7 \text{ KWh}$$

Equação 6

A escolha do painel fotovoltaico se dá de acordo com a sua potência de pico (P_{FV}), determinada pela Equação 1. Devendo ser considerado alguns fatores, o consumo diário médio obtido anteriormente, a taxa de desempenho, que foi considerada de 75%. Para Mossoró-RN a média diária anual de sol pleno é de 7 a 8 horas [8], para o estudo pode considerar uma média diária de 7,5 horas. Então a potência de pico do painel fotovoltaico (P_{FV}) deve ser igual ou superior a $P_{FV} = 2,08 \text{ KWp}$.

Foi escolhido para esse estudo o painel fotovoltaico do fabricante Canadian Solar modelo CSP-260P, um módulo policristalino de 6 polegadas. A Tabela 2 mostra as especificações do produto apresentada pelo fabricante.



Figura 7. Módulo CS6P-260 Canadian Solar. Fonte: Adaptado de CANADIAN SOLAR, 2016 [3].

Tabela 2. Características do modulo fotovoltaico.

Fonte: Adaptada de Canadian Solar, 2016 [3].

Dimensões do módulo	1638 x 982 x 40 mm
Peso	18 Kg
Cobertura frontal	Vidro temperado (3,2mm)
Condutores de conexão	4 mm ² /12 AWG - Isolação 1kV
Número de células	60
Potência máxima	260 W
Tensão de operação	30,4 V
Corrente de curto circuito	9,12 A
Eficiência do módulo	16,16%
Tensão de circuito aberto	37,5 V
Depreciação Anual	0,70%

Aplicando a Equação 2, resultou $N = 8$, assim utilizando oito painéis do modelo especificado anteriormente, assim a potência total exatamente igual a $P_{FV} = 2,08 \text{ KWp}$.

Para o inversor, foi adotado o fator de dimensionamento igual a 0,85. Aplicando na Equação 3, resultou na potência nominal do inversor (P_{Nca}) igual a 1768 W.

Portanto, o inversor adotado será do tipo *grid tie* do fabricante Fronius, referência Fronius Primo 3.0-1. Com potência de saída nominal de 3000 W, superior a potência nominal do inversor (P_{Nca}), calculado anteriormente, é o inversor de menor potência da marca selecionada, por se tratar de uma empresa de confiança e fácil acesso no

mercado, sendo então o que mais se adequa para essa instalação. A Tabela 3 mostra as especificações do produto apresentada pelo fabricante.



Figura 8. Inversor Fronius Primo. Fonte: NEOSOLAR, 2018 [12].

Tabela 3. Especificações do Inversor.

Fonte: Adaptado de Fronius, 2018 [12].

Fabricante	FRONIUS PRIMO
Modelo	Fronius Primo 3.0-1
Parâmetros de entrada	
Faixa de operação	240 - 800 V
Corrente de entrada	12A
Corrente curto circuito máxima	18A
Tensão mínima de entrada	80 V
Tensão máxima de entrada	1000 V
Parâmetros de saída	
Potência de saída nominal	3000 W
Máxima corrente de saída	13 A
Tensão de Saída	180/270 V / 60 Hz
Distorção harmônica total	< 5%
Conexão CA	Monofásica
Fator de potência	Variável (0,85 à 1 – indutivo ou capacitivo)

O arranjo do sistema é feito com cada modulo tendo uma tensão de operação de 30,4 V, conseguindo trabalhar de maneira que pode receber tesões que variam de 240 a 800 V. Assim nosso sistema constituído por 8 painéis fotovoltaicas, com ligações feitas em série, resulta uma tensão de saída do sistema para o inversor de 243,2 V.

Os disjuntores escolhidos foram um para o lado da corrente contínua, ficando ente os módulos e o inversor, e o outro para lado da corrente alternada, ficando após o inversor. O disjuntor escolhido de corrente contínua, foi do fabricante Schneider, da série C60NA- DC e modelo A9N61650, já o de corrente alternada, foi do fabricante GE, e modelo G31SLC32, com especificações do produto apresentada pelo fabricante mostrada na Tabela 4.

Tabela 4. Especificações técnicas dos disjuntores AC e DC. Fonte: Adaptado de SCHNEIDER; GE, 2017 [14].

	Corrente continua	Corrente Alternada
Fabricante	Schneider	GE
Modelo	A9N61650	G31SLC32
Tensão de operação	800 V _{cc}	127/220 V _{ca}
Corrente nominal	10 A	32 A
Capacidade de interrupção	1.5 kA 100 % 800 V DC 3 kA 100 % 650 V DC	3kA

Curva de disparo	C	C
Número de polos	2	1

No circuito temos também os dispositivos de proteção contra surtos (DPS), sendo colocado um para cada lado do inversor, ficando um na corrente alternada e o outro na corrente contínua. O fabricante escolhia para os dois foi a marca ABB, com especificações do produto apresentada pelo fabricante mostrada na Tabela 5.

Tabela 5. Especificações técnicas dos DPS's. Fonte: Adaptado de ABB, 2015 [1].

	Corrente contínua	Corrente Alternada
Fabricante	ABB	ABB
Modelo	OVR PV 40-1000 P	OVR T2 40 275 P
Corrente de descarga máxima	40 kA	40 kA
Tensão nominal	1000 V	230V
Tipo	PV (fotovoltaico)	II
Número de polos	2	1

Para a fixação dos painéis fotovoltaicos, foi escolhido os apoios para ficar encima do telhado, de modelo CK-990x4, onde suporta até quatro módulos, como são oito módulos, serão usados dois apoios desse. Para maximizar a geração de energia anual, o ângulo de inclinação dos módulos deverá ser igual à latitude do local da instalação, visto que a cidade de Mossoró-RN apresenta latitude de 5°, desta forma a inclinação da estrutura deverá ser também de 5° [11]. Para evitar o acúmulo de sujeira os módulos serão posicionados no ângulo entre 10° e 15°, também deverão ser posicionados para a linha do equador, necessitando orienta-los para a posição norte, pois o Brasil se localiza ao sul da mesma [7].

A viabilidade econômica é bastante importante, pois ela é quem vai dizer se todo esse estudo vai valer a pena ou não. Após todo o dimensionamento, é necessário o orçamento de todos os equipamentos da instalação, pesquisando o preço em lojas virtuais especializadas, e o serviço de instalação, com os resultados encontrados mostrados no Tabela6.

Tabela 6. Orçamento do sistema Fotovoltaico. Fonte: Adaptado de LIMA, 2017 [9].

Componente	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor (R\$)
Módulo Fotovoltaico Canadian Solar	8	750,00	6000,00
Inversor Fronius Primo 3.0-1	1	8390,00	8390,00
Condutores (4 mm ²)	45 m	1,40	63,00
Suporte para telhado CK-990x4	2	999,00	1998,00
Disjuntor Schneider A9N61650	1	319,00	319,00
Disjuntor G31SLC32	1	5,89	5,89
DPS OVR T2	1	40,00	40,00
DPS OVR PV	1	120,00	120,00
Conectores e acessórios diversos	1	350,00	350,00
Serviço de Instalação	1	1000,00	1000,00
TOTAL:			18285,89

Com o orçamento em mãos, para determinar o tempo de retorno do investimento ou o *payback*, é necessário calcular a energia produzida pelo sistema, usando a Equação 5:

$$E(kWh/mês) = P \times h \times 30 \times \eta$$

Equação 7

$E(kWh/mês)$ - Geração mensal de energia;

P - Potência nominal do sistema;

h - Número de horas de operação subtraindo perdas recorrentes de sombreamento ou baixa radiação;

Num sistema com 8 módulos fotovoltaicos, em que cada um produz 260 W, foi encontrado uma potência nominal do sistema igual a 2080 W, estando em operação cerca de 7,5 horas por dia, e o inversor considerando um desempenho de 96%. Assim é possível determinar que o sistema produzira cerca de 449,28 KWh por mês, e 5391,36 KWh por ano. Com esse valor tendo uma perda de 0,7% ao ano segundo o fabricante, e mais uma perda de 18% [11]. Uma tarifa inicial de R\$ 0,43473738 cobrada pela concessionária atualmente, com impostos, tendo em vista um aumento 4,8% ao ano. Como o consumo é acima de 300 KWh por mês, a tarifa cobrada será de R\$ 0,604483. Os resultados das informações apresentadas anteriormente, estão mostradas na Tabela 7.

Tabela 7. Estudo econômico da implantação do sistema. Fonte: Adaptado de LIMA, 2017 [8].

ANO	Geração com perdas e depreciação (kWh)	Tarifa Corrigida (R\$/kWh)	Retorno (R\$)	Fluxo de investimento e retorno (R\$)
0				-18285,89
1	4420,92	0,6335	2800,64	-15485,25
2	4389,97	0,6639	2914,53	-12570,72
3	4359,24	0,6958	3033,04	-9537,68
4	4328,72	0,7292	3156,38	-6381,30
5	4298,42	0,7642	3284,73	-3096,57
6	4268,33	0,8009	3418,30	321,73
7	4238,46	0,8393	3557,30	3879,03
8	4208,79	0,8796	3701,96	7580,99
9	4179,33	0,9218	3852,49	11433,48
10	4150,07	0,9660	4009,15	15442,63
11	4121,02	1,0124	4172,18	19614,81
12	4092,17	1,0610	4341,84	23956,65
13	4063,53	1,1119	4518,39	28475,04
14	4035,08	1,1653	4702,13	33177,17
15	4006,84	1,2212	4893,34	38070,50

Com os resultados mostrados, pode-se notar que entre o quarto e quinto ano todo o investimento terá retornado, e o restante dos anos de uso do sistema fotovoltaico será de lucro.

3. CONCLUSÕES

Perceber no trabalho que o investimento para a instalação de um sistema fotovoltaico residencial é bastante alto, porém o retorno financeiro cobre o custo, com um tempo de *payback* relativamente curto. Além do retorno financeiro, sua instalação é vantajosa, por se tratar de uma fonte de energia limpa, com baixo custo de manutenção, e ainda proporciona uma boa propaganda para o condomínio, aumentando seu valor e dos imóveis.

Como foi mostrado a instalação do sistema fotovoltaico nas residências de estudo é bastante vantajoso, com uma produção média de 449,28 KWh por mês em cada residência, superando o consumo da maioria das casas estudadas, assim entre 5 a 6 anos todo o custo da instalação é retornado, com isso a partir daí o sistema gera lucro, tendo em vista que depois de 15 anos é lucrado R\$ 38070,50; continuando até o fim da vida útil dos painéis, que gira em torno de 25 a 30 anos. Assim o objetivo foi parcialmente alcançado, porque se tratar de uma amostra, para que 80% da energia elétrica do condomínio seja proveniente de painéis fotovoltaicos, ficara dependendo apenas dos moradores queiram adotar o sistema.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ABB NO BRASIL. Catálogo: DPS linha OVR. ABB – São Paulo: catálogo. 2013, 36p. Disponível em: <<https://library.e.abb.com/public/c9d5dfe034c3fcf983257749005eecb6/catalogo%20DPS.pdf>>. Acesso: em 05 abr. 2018.

-
- [2] BRAGA, R. P. Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações. 2008. 80 p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- [3] CANADIAN SOLAR (Canada). FICHA TÉCNICA - CS6P - 260. 2016. Disponível em: <http://www.canadiansolar.com/fileadmin/user_upload/downloads/datasheets/v5.4/Canadian_Solar-Datasheet-CS6P-P-v5.4C2en.pdf>. Acesso em: 05 abr 2018.
- [4] CESAR, AMRVC. Método do Estudo de Caso (Case studies) ou Método do Caso (Teaching Cases)? Uma análise dos dois métodos no Ensino e Pesquisa em Administração. REMAC Revista Eletrônica Mackenzie de Casos, São Paulo-Brasil, v. 1, n. 1, p. 1, 2005.
- [5] COSERN, Neoenergia. TARIFAS PREÇOS GRUPO B MAR 2018. 2018, 3p. Disponível em: <<http://servicos.cosern.com.br/residencial-rural/Pages/Baixa%20Tens%C3%A3o/tarifas-grupo-b.aspx>>. Acesso: em 05 abr. 2018.
- [6] ELETRONICA-PT. Efeito fotovoltaico. Disponível em: <<https://www.electronica-pt.com/efeito-fotovoltaico>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- [7] FREITAS, Eudes Fernandes de. ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA PARA UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR. 2015. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.
- [8] GUERRA, Maria Izabel da Silva. ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE BAIXO CUSTO NA CIDADE DE MOSSORÓ - RN. 2012. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2012.
- [9] LIMA, Isael Defferson Moraes da Costa. ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA IRRIGAÇÃO. 2017. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.
- [10] LINHARES, Aristides Ricardo. Energia Solar. [s.l.]: Clube de Autores, 2016. 101 p.
- [11] MIRANDA, Arthur Biagio Canedo Montesano. Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede. 2014. 98 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2014.
- [12] NEOSOLAR. Inversor Fronius Primo 3.0-1(3.000W). Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/inversor-grid-tie-fronius-primo-3-0-1-3000-w.html>>. Acesso em: 4 abr. 2018.
- [13] PINHO, J. T.; Galdino M. A.; Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014.
- [14] SCHNEIDER. Disjuntor Schneider 1000DC 10A Fotovoltaico. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/disjuntor-schneider-1000dc-10a-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 05 abr. 2018.
- [15] SILVA, R.J. Efeito dos parâmetros de soldagem na Formação do Cordão: 1995. 132p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- [16] ZILLES, Roberto et al. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 208p. ISBN: 9788579750526.
-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 9:30 horas do dia 17/04/2018, no Laboratório de Eletrônica da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **Matheus de Oliveira Dias**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula **2013020717**, com o título **“ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA UM CONDOMÍNIO NA CIDADE DE MOSSORÓ”**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Prof. M.e. FRANCISCO MAGNO MONTEIRO SOBRINHO, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; Bacharel em C.e.T. Maria Luísa Mendes Moreira e Eng.^a Thalita Faheina Chaves, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: 10,0 ; 9,5 ; 9,0 . Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi aprovado com média geral 9,5 . E para constar, eu, Prof. M.e. Francisco Magno Monteiro Sobrinho, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 17 de Abril de 2018.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Prof. M.e. FRANCISCO MAGNO MONTEIRO SOBRINHO – UFERSA
Presidente e orientador

Bacharel em CeT MARIA LUÍSA MENDES MOREIRA – EXTERNO
Primeiro Membro

Eng.^a THALITA FAHEINA CHAVES - EXTERNO
Segundo Membro