

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL.**

**BARTOLOMEU DE BARROS SILVA
CICERO RIBEIRO NETO
EMANOELL AMBROZIANO DA SILVA
MARCIO ANTONIO ROCHA BARROS
TÉCIO ROBERTO DA SILVA CASTRO**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS
SOLARES FOTOVOLTAICOS EM UMA ESCOLA LOCALIZADA EM SÃO
LOURENÇO DA MATA - PE**

RECIFE
2022

**BARTOLOMEU DE BARROS SILVA
CICERO RIBEIRO NETO
EMANOELL AMBROZIANO DA SILVA
MARCIO ANTONIO ROCHA BARROS
TÉCIO ROBERTO DA SILVA CASTRO**

**PROJETO DE ENERGIA SOLAR PARA UMA ESCOLA LOCALIZADA NO
MUNICIPIO LOCALIZADO EM SÃO LOURENÇO DA MATA: Análise da viabilidade
econômica de implantação.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte
dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador(a): Prof. Frederico Barros

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

A532 Análise da viabilidade econômica de implantação de painéis solares
fotovoltaicos em uma escola localizada em São Lourenço da Mata - PE /
Bartolomeu de Barros Silva [et al.]... - Recife: O Autor, 2022.
19 p.

Orientador(a): Me. Frederico José Barros Santos.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário
Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

Inclui Referências.

1. Economia. 2. Solar. 3. Preservação ambiental. I. Silva,
Bartolomeu de Barros. II. Ribeiro Neto, Cicero. III. Silva, Emanoel
Ambroziano da. IV. Barros, Marcio Antonio Rocha. V. Castro, Técio
Roberto da Silva. VI. Centro Universitário Brasileiro. - UNIBRA. VII. Título.

CDU: 624

RECIFE
2022

**BARTOLOMEU DE BARROS SILVA
CICERO RIBEIRO NETO
EMANOELL AMBROZIANO DA SILVA**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus colegas de curso, que assim como eu encerraram uma difícil etapa da vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado chegar até aqui. A minha família e em especial minha mãe e esposa, por toda dedicação e paciência contribuindo diretamente para que eu pudesse ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos.

Agradeço aos meus colegas de TCC, e aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado em especial ao meu professor e orientador. Agradeço também a minha instituição por ter me dado à chance e todas as ferramentas que permitiram chegar hoje ao final desse ciclo de maneira satisfatória.

RESUMO

A cada dia mais se vem buscando as fontes de energias com menor índice de impacto ambiental, e nesse termo tem-se a energia fotovoltaica que se trata de uma fonte de energia limpa e renovável proveniente de irradiação solar, onde seu impacto ambiental é consideravelmente menor do que o gerado pela energia hidrelétrica, termelétrica ou nuclear. Nos últimos anos em decorrência ao tema tão tratado “prevenção ao meio ambiente” e em contrapartida com o aumento do consumo de energia elétrica mundialmente, as fontes de energia renováveis passaram a se tornar necessárias na qual a proveniente do sol teve seu maior impulso. Com isso buscou-se avaliar um projeto de instalação de energia fotovoltaica em uma escola localizada em uma cidade do Estado de Pernambuco, visando avaliar o benefício econômico trazido por a implantação do respectivo projeto. para realização do sistema e a definição da potência nominal foi em função da área física disponível para a instalação dos módulos e a potência necessária para atender ao cliente. E obteve-se como conclusão que diante de todo estudo

veracidou-se que a implantação de um projeto de energia fotovoltaica é de fato de grande valia e poder econômico, haja visto que os primeiros anos é investimento e após esse prazo é retorno financeiro.

Palavras-chave: Economia. Solar. Preservação ambiental.

RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

Every day more energy sources are being sought with a lower rate of environmental impact, and in this term we have photovoltaic energy, which is a source of clean and renewable energy from solar irradiation, where its environmental impact is considerably lower than that generated by hydroelectric, thermoelectric or nuclear energy. In recent years, as a result of the much discussed topic "prevention of the environment" and in contrast with the increase in electricity consumption worldwide, renewable energy sources have become necessary in which that from the sun had its greatest impulse. With this, we sought to evaluate a photovoltaic energy installation project in a school located in a city in the State of Pernambuco, in order to evaluate the economic benefit brought by the implementation of the respective project. for the realization of the system and the definition of the rated power was based on the physical area available for the installation of the modules and the power needed to

serve the customer. And it was concluded that in the face of all the study it was found that the implementation of a photovoltaic energy project is in fact of great value and economic power, given that the first years are investment and after that period it is financial return.

Keywords: Economy. Solar. Environmental preservation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Área da escola	9
Figura 2 Area de instalação das placas	12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Os 10 países com a maior capacidade total instalada	4
Tabela 2 Divisão do sistema fotovoltaico	7
Tabela 3 estimativo de geração de energia mês a mês	13
Tabela 4 Retorno do investimento.....	14

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Panorâmicas da energia fotovoltaica mundial e no Brasil	3
Principais componentes do sistema fotovoltaico e seu sistema	6

Formas de avaliar a viabilidade econômica de painéis fotovoltaicos	8
3 METODOLOGIA.....	9
3.1 Objeto em estudo	9
3.2 Coleta das Informações.....	10
3.3 Análise das Informações	10
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4.1 Cálculo médio estimado da energia gerado painéis.....	11
4.2 Análise anual estimada do retorno do investimento	13
4.3 Resultado real do sistema instalado.....	15
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
REFERÊNCIAS.....	17

PROJETO DE ENERGIA SOLAR PARA UMA ESCOLA LOCALIZADA NO MUNICIPIO LOCALIZADO EM SÃO LOURENÇO DA MATA: Análise da viabilidade econômica de implantação.

Bartolomeu de Barros da Silva
Cicero Ribeiro Neto
Emanoell Ambroziano da Silva
Marcio Antonio Rocha Barros
Técio Roberto da Silva Castro

Frederico Barros¹

Resumo: A cada dia mais se vem buscando as fontes de energias com menor índice de impacto ambiental, e nesse termo tem-se a energia fotovoltaica que se trata de uma fonte de energia limpa e renovável proveniente de irradiação solar, onde seu impacto ambiental é consideravelmente menor do que o gerado pela energia hidrelétrica, termelétrica ou nuclear. Nos últimos anos em decorrência ao tema tão tratado “prevenção ao meio ambiente” e em contrapartida com o aumento do consumo de energia elétrica mundialmente, as fontes de energia renováveis passaram a se tornar necessárias na qual a proveniente do sol teve seu maior impulso. Com isso buscou-se avaliar um projeto de instalação de energia fotovoltaica em uma escola localizada em uma cidade do Estado de Pernambuco, visando avaliar o benefício econômico trazido por a implantação do respectivo projeto. para realização do sistema e a definição da potência nominal foi em função da área física disponível para a instalação dos módulos e a potência necessária para atender ao cliente. E obteve-se como conclusão que diante de todo estudo veracidou-se que a implantação de um projeto de energia fotovoltaica é de fato de grande valia e poder econômico, haja visto que os primeiros anos é investimento e após esse prazo é retorno financeiro.

Palavras-chave: Economia. Solar. Preservação ambiental.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos foram notórias as preocupações com o tema meio ambiente e suas energias renováveis, com isso as diferentes fontes de energia não renovavam causam dependência das condições climáticas, elevado custo para implantação como consequência elevado custo para o consumidor e emissão de gases poluentes (MIRANDA, 2015).

Segundo EPE (2018) o Brasil possui uma matriz elétrica predominantemente renovável, sendo como destaque a hidrelétrica que responde por aproximadamente 68,1% da produção total do país, sendo em média 422TWh. No entanto, ainda segundo o autor devido às diversas mudanças climáticas e ao aquecimento global, vem-se buscando a cada dia usufruir de outros tipos de energias renováveis, essa ideia surge também com o intuito de reduzir impactos ambientais.

A geração de energia hidrelétrica, mesmo sendo considerada como energia renovável, causam enormes os impactos ambientais trazidos por a implantação de uma hidrelétrica (RODRIGUES, 2015), como cita os autores os impactos estão associados a grandes alagamentos para a construção e operação dos reservatórios, outra desvantagem está relacionada ao alto custo de investimento que é necessário para a construção de uma hidrelétrica e todo seu sistema de transmissão e distribuição, tornando assim o custo de energia mais alto para o consumidor.

Diante desse contexto, segundo Guimarães (2016) a cada dia mais se vem buscando as fontes de energias com menor índice de impacto ambiental, e nesse termo tem-se a energia fotovoltaica que se trata de uma fonte de energia limpa e renovável proveniente de irradiação solar, onde seu impacto ambiental é consideravelmente menor do que o gerado pela energia hidrelétrica, termelétrica ou nuclear.

A energia solar fotovoltaica vem crescendo de forma exponencial nas últimas décadas, e isso se dá por suas grandes características individuais que são: geração no próprio ponto de consumo, redução a necessidades de grandes linhas de transmissão, facilidade na operação, sem emissão de ruídos, porém o que vem

fazendo com que a energia fotovoltaica seja tema de grande interesse no meio social é sua modularidade, sua facilidade em poder ser integradas a edificações (ABSOLAR, 2018).

Já no Brasil a ANEEL, por meio da Resolução Normativa nº 482, permitiu que as unidades consumidoras gerassem sua própria energia, através de sistemas fotovoltaicos instalados no seu próprio local. Além do sistema de compensação de energia, onde o excedente de energia ativa é entregue a distribuidora local, gerando os denominados créditos de energia, a serem compensados posteriormente nas faturas (ANEEL, 2012).

Na atual situação econômica do nosso país, com os elevados índices de radiação solar, a energia fotovoltaica vem cada vez mais ganhando espaço na matriz energética nacional e adquiriu elevado potencial para substituição das hidrelétricas e termelétricas (NASCIMENTO, 2014).

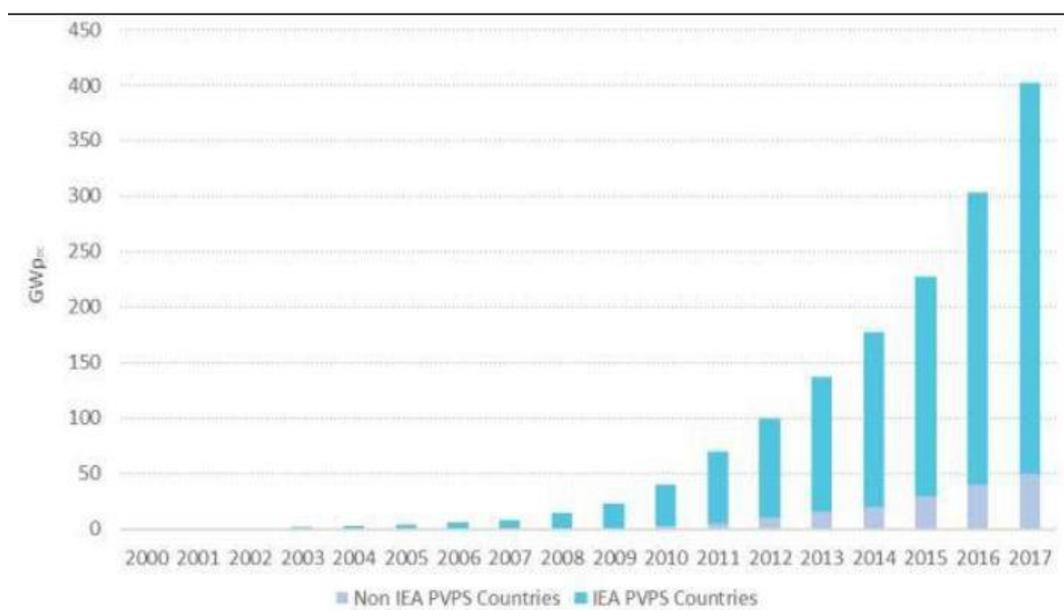
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorâmicas da energia fotovoltaica mundial e no Brasil

De acordo com Nascimento (2017) nos últimos anos em decorrência ao tema tão tratado “prevenção ao meio ambiente” e em contrapartida com o aumento do consumo de energia elétrica mundialmente, as fontes de energia renováveis passaram a se tornar necessárias na qual a proveniente do sol teve seu maior impulso.

Na figura 02 é notório o aumento do mercado de energia fotovoltaica, no entanto esse aumento se deu pela alta demanda de energia, na figura mostra que no ano de 2017 foi obtida uma capacidade mundial em instalação de placas solar igual ou superior a 402,5GWP (IEA; BE; JP, 2018).

Figura 1 Evolução da Capacidade Instalada de Energia Solar Fotovoltaica



Fonte: (IEA; BE; JP, 2018)

A expectativa é que até em 2050 a geração solar corresponda por 11% da produção total de energia elétrica do mundo, essa geração é correspondente a

5.000TWh (AGENCY, 2011). Vale ressaltar que a China até o início de 2018 vinha liderando o cenário com maior capacidade instalada, segue a tabela 01, onde pode-se analisar os 10 países com maior destaque em capacidade total instalada (BOSIO,2011).

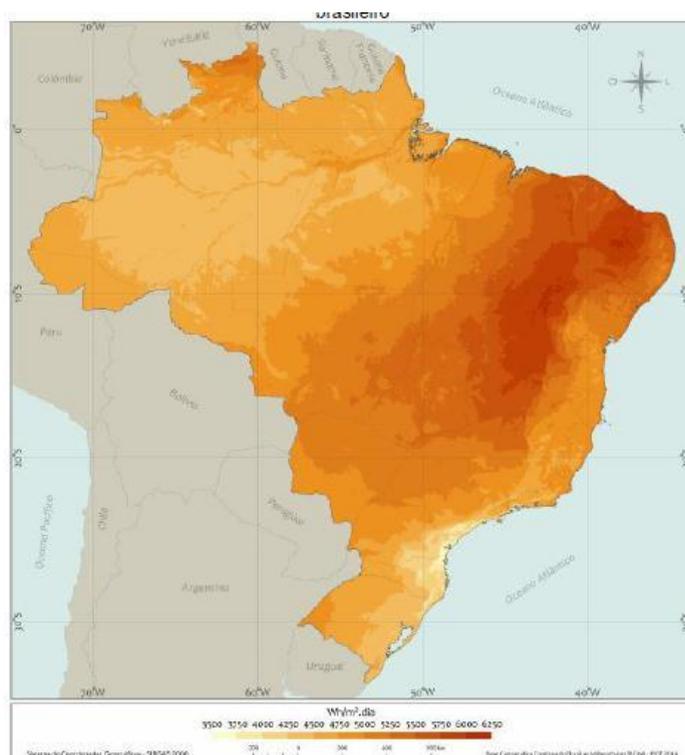
Tabela 1 Os 10 países com a maior capacidade total instalada

1	China	131 GW
2	USA	51 GW
3	Japão	49 GW
4	Alemanha	42 GW
5	Itália	19,7 GW
6	Índia	18,3 GW
7	Inglaterra	12,7 GW
8	França	8 GW
9	Austrália	7,2 GW
10	Espanha	5,6 GW

Fonte: Adaptado de IEA, BE e JP (2018)

Já quando falamos do cenário Brasileiro o mesmo possui amplas oportunidades de diversificação de técnicas de produção de energia, além se sua incidência de radiação (FREITAS, 2019). O autor ainda frisa que próximo ao Piauí e no estado da Bahia está a maior incidência de radiação em torno de 6,5 KWh/m², já a menor incidência fica localizada no estado de Santa Catarina onde sua média fica entre 1500 e 2500 KWh/m². Na figura 03 pode-se ver a média anual de irradiação em todo território Brasileiro.

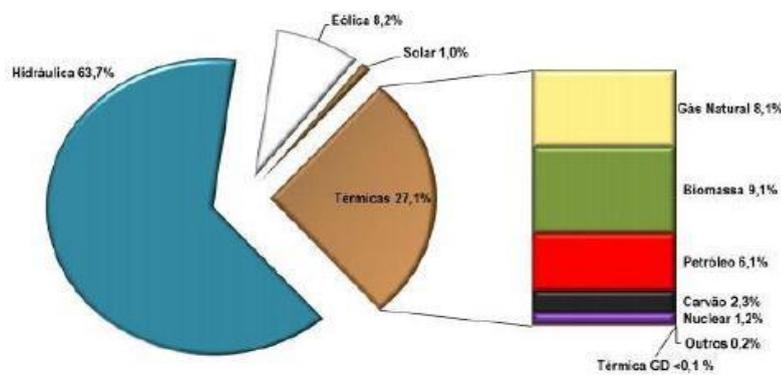
Figura 2 Média anual do total diário de irradiação solar incidente no território brasileiro



Fonte: Pereira et. al. (2017, p.36)

É notório, que o Brasil não aproveita seu potencial de energia solar, trata-se do único país do mundo que recebe mais de 3.000 horas de brilho solar por ano, em especial a região do Nordeste que é considerada como uma região acima da média nacional, pois, sua média diária fica entre 4,5 a 6KWh. Na figura 04 pode-se ver a capacidade de geração de energia elétrica no Brasil sem importação contratada (NASCIMENTO, 2014).

Figura 3 Matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil



Fonte: MME (2018, p. 14)

Importante frisar que de acordo com Naruto (2017); Absolar (2018), aponta que em 2027 a perspectiva para as usinas solares de grande porte alcancem em média 5% do parque gerador do país.

➔ Principais componentes do sistema fotovoltaico e seu sistema

Segundo Fadigas (2011) com o objetivo de gerar eletricidade a célula fotovoltaica é um dispositivo básico que realiza toda transformação de energia solar em energia elétrica, o módulo é a unidade formada por um conjunto de células solares, onde essas células são ligadas internamente e encasuladas fazendo com que a junção de todos os componentes gere energia elétrica.

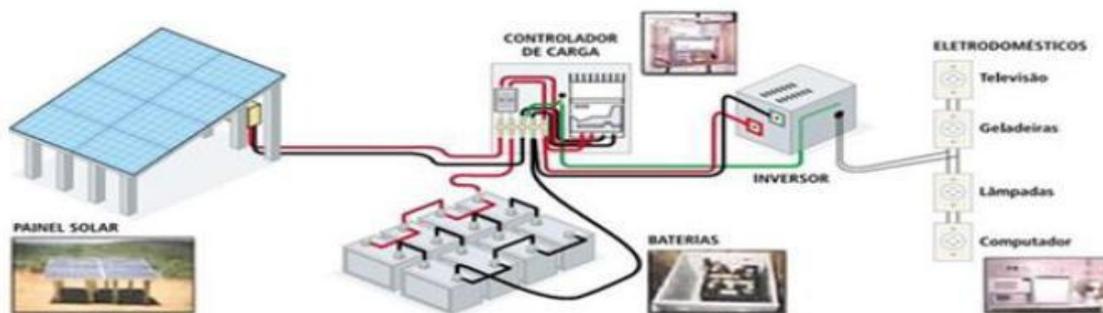
Figura 4 célula, módulo e painel.



Fonte: Pereira & Oliveira (2011)

Esse conjunto de módulos são conhecidos como “gerador fotovoltaico” e são a primeira parte do sistema de geração de energia elétrica com uso da fonte renovável, o sol (VILLALVA, 2015). Na figura 06 mostra uma panorâmica de como é o diagrama elétrico de um sistema fotovoltaico.

Figura 5 Diagrama elétrico fotovoltaico



Fonte: Trevelin (2014)

CSR Energia Solar (2018) conclui que nesse tipo de sistema não se usa armazenamento de energia na modalidade “banco de bateria”, ou seja, toda geração de energia é entregue a rede elétrica instantaneamente, esse sistema representa uma fonte de complemento ao sistema elétrico de grande porte ao qual é conectada. O autor ainda frisa que os módulos entregam energia contínua ao inversor, e o mesmo por sua vez realiza a transformação em corrente alternada e com forma de onda similar à da rede elétrica, podendo assim também alimentar a rede.

Se por sua vez a potência gerada for inferior a consumida, o aumento passará pelo medidor bidirecional de energia do consumidor, em caso contrário se a potência gerada for superior o crédito pode ser utilizado em faturas futuras (VILLALVA, 2015).

O sistema fotovoltaico é dividido conforme tabela 02:

Tabela 2 Divisão do sistema fotovoltaico

Sistemas autônomos ou isolados (OFF GRID)	É um sistema que não depende da rede elétrica convencional, sendo altamente vantajoso tecnicamente e financeiramente, bastante utilizado em zonas rurais. Esse tipo de sistema pode ter um armazenamento de energia e em alguns casos se existir a necessidade de corrente alternada fazer uso de inversor
Sistemas ligados à rede (ON GRID)	Esse tipo de sistema é ligado diretamente na rede elétrica, sendo uma operação conjunta, a rede elétrica convencional opera juntamente com o sistema fotovoltaico. Isso ocorre para que quando o sistema fotovoltaico não consiga produzir energia suficiente à rede supriu a demanda e em caso inverso o sistema

	fotovoltaico produz o excedente. Vale frisar que por esse sistema não possuir baterias seu custo é reduzido em média a 30%.
Inversor	Inversores são os equipamentos que fazem a transformação de energia contínua em corrente alternada, controla a qualidade da potência da saída. Os inversores são formados por capacitores, indutores e um transistor que faz o controle de abertura e fechamento de cada sinal.
Sistemas híbridos	Esse sistema é uma combinação do sistema fotovoltaico com outro sistema de geração de energia que mesmo na ausência do sol continua a funcionar. Esse tipo de sistema é empregado para sistemas de médio o grande porte visando atender um maior número de usuários.

Fonte: Adaptado de Villalva (2015)



Formas de avaliar a viabilidade econômica de painéis fotovoltaicos

Para se avaliar a viabilidade econômica permite a visualização do projeto de investimento, segundo CSR Energia Solar (2018) a partir do momento de se tomar uma decisão se faz necessário realizar uma análise dele, tendo como principal objetivo o desenvolvimento da decisão e das avaliações para que assim se possa ter um plano de trabalho ou projeto mais importante.

Fadigas (2011) relata que estudar a viabilidade econômica dos painéis permite passar informações dos investidores e interessados os benefícios trazidos por essa tecnologia. O autor ainda conclui o pensamento afirmando que a viabilidade de uma tecnologia de energia não pode ser julgada apenas na base de recursos físicos, mas, como uma dinâmica complexa de diversos fatores econômicos, técnicos, ambientais, institucionais e sociais.

Quando se fala na indústria de geração de negócios, a partir da fonte solar, pode-se falar em uma das melhores fontes de energia renovável do futuro, uma vez que é superior em seu grau de disponibilidade, custo-eficácia, capacidade e eficiência quando comparado com outras fontes de energia (MME,2018). O autor ainda completa que devido a sua modularidade, confiabilidade e simplicidade o sistema fotovoltaico é considerada uma das opções apropriadas a atender todos os tipos de comunidade, no entanto também atrai cada vez mais pessoas isoladas e

com baixa densidade populacional. Pode-se frisar que esse tipo de sistema é bastante usado em escolas, serviços médicos, empresas e instituições privadas.

3 METODOLOGIA

3.1 Objeto em estudo

O local escolhido para realização deste estudo foi uma escola localizada em São Lourenço da Mata, escola com aproximadamente 800 alunos, uma média de 25 salas e com uma área construída equivalente a 400m².

O prédio da escola possui características necessárias para implantação de usina fotovoltaica, pois, a área de telhado da edificação é equivalente a 400m². Como mostra na figura 01.

Figura 1 Área da escola

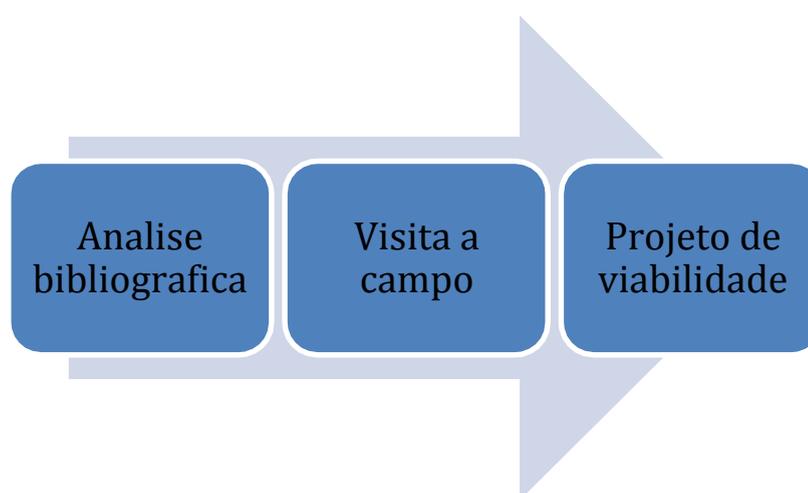


Fonte: Autores (2022)

3.2 Coleta das Informações

A coleta de informações teve início com uma pesquisa bibliográfica para que pudesse ter embasamento teórico acerca do tema e em um segundo momento foi coletado as informações de campo, onde, pode-se ter acesso a economia gerada ao realizar a instalação de um sistema fotovoltaico, e nesse momento também foi realizado vestígios fotográficos.

3.3 Analise das Informações



A análise das informações se deu em três etapas conforme fluxograma:

- Realizou uma pesquisa bibliográfica para melhor embasamento teórico acerca do tema;
- Visita a campo, onde, se obteve informações da caracterização da escola, observou-se a infraestrutura e se coletou os dados referente ao consumo médio mensal;
- Elaboração de um projeto de viabilidade econômica com a implantação de um sistema fotovoltaico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cálculo médio estimado da energia gerado painéis

Para definição da potência nominal em KWp do gerador fotovoltaico, usou-se três formas:

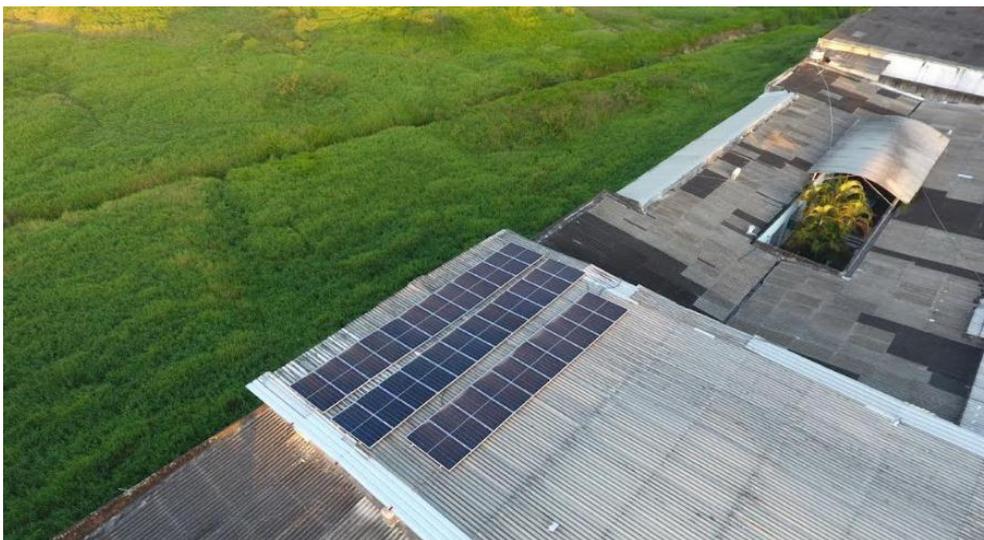
- A) Geração máxima de energia fotovoltaica;
- B) Geração de energia equivalente ao espaço para a instalação, ao qual o gerador será conectado;
- C) Geração de energia fotovoltaica para determinado consumo;

No estudo de caso, para realização do sistema e a definição da potência nominal foi em função da área física disponível para a instalação dos módulos e a potência necessária para atender ao cliente.

O módulo definido para a montagem do sistema foi o de Marca Telesun, potência 550 W e área de ocupação por painel 2,00 m². Esse tipo material apresenta elevada eficiência, baixo custo e classificação "A" pelo INMETRO. É resistente à corrosão causada pela chuva, poluição atmosférica, além de suportar variações bruscas de temperatura e granizo.

O espaço utilizado no telhado para instalação da usina foi de 68,00 m². Por isso foi estabelecido 34 módulos de 2,00 m², totalizando uma área de 68,00 m². A escolha por esse modelo de módulos foi em razão econômica e do consumo de energia consumido pelo colégio. Os 68 módulos de 550 W, estima produzir juntos 18,70 kWp. Na figura 02 pode-se verificar como o projeto foi instalado.

Figura 2 Area de instalação das placas



Fonte: Autores (2022)

No entanto, para se chegar a esse resultado foi a partir do número de módulos e a potência nominal de cada módulo, em W, foi calculado a potência nominal total (W) estimado, da usina fotovoltaica, instalada na escola.

$P_t = P_p \times N$ - P_t = Potência nominal total estimada da instalação em Wp

$P_t = 550 \times 34$ - P_p = Potência nominal estimada de cada painel escolhido em Wp

$P_t = 18.700,00$ Wp - N = número de módulos necessários

$P_t = 18,70$ kWp

A irradiação solar é determinada pela quantidade de radiação solar dada pela unidade de área. O colégio fica localizado latitude $7^{\circ}59'17.56''$, longitude $35^{\circ}02'27.47''$, elevação de 44m. Através de dados apresentados no site: www.creseb.cepel.br podemos estimar a radiação média diária da região (wH/m².dia), como mostra a tabela 3 pode-se prever a estimativa de geração de energia mês a mês.

Para se chegar ao calculo de geração de energia estimada que o sistema possa produzir mês a mês e a energia possível de ser produzida em um ano usa-se a seguinte equação: **$E_g = P_t \times HSP \times Ncc/ca$** .

E_g = energia gerada pelo gerador fotovoltaica em kWh

P_t = potência nominal total do gerador fotovoltaica em kWh

HSP= irradiação média diária, intensidade total diária incidente sobre a superfície gerado em kWh/m².

Ncc/ca = rendimento do inversor de corrente contínua para corrente alternada. 80 %

Tabela 3 estimativo de geração de energia mês a mês

Mês	Consumo (kWh)	Geração (kWh)
Jan	2.000	2.875
Fev	2.000	2.994
Mar	2.000	3.065
Abr	2.000	2.777
Mai	2.000	2.442
Jun	2.000	2.306
Jul	2.000	2.356
Ago	2.000	2.686
Set	2.000	2.883
Out	2.000	2.938
Nov	2.000	3.003
Dez	2.000	2.975
Em um ano	24.000	33.301

Fonte: Autor (2022)

Pode-se verificar na tabela que a prospecção do projeto é acima do consumo necessário atual, atualmente o consumo atual anual é de 24.000Kwh, e o projeto previsto para escola é de 33.301Kwh, haja visto que essa prospecção é baseada na ideia de sobra de potência para o cliente ou já prospectando alguma instalação nova que o mesmo venha a fazer visando aumentar o consumo de energia no decorrer dos anos.

4.2 Análise anual estimada do retorno do investimento

Uma tecnologia moderna requer um alto custo de investimento. Torna-se necessário se fazer uma análise econômica do sistema que propicia a geração de energia. Analisando as últimas faturas geradas pela distribuidora local, Neoenergia Pernambuco, constatou que o custo de cada (Kwh) de energia consumida, incluindo todos os encargos que incide sobre o produto, ICMS (imposto sobre circulação de mercadoria), PIS/COFINS (Programa de integração social/ contribuição para o financiamento de seguridade social) e ECE (encargos sobre comercialização de energia), foi no valor R\$ 0,92 kwh (noventa e dois centavos).

A produção estimada de energia gerada, relatado na tabela 4 e com o investimento inicial, foi possível calcular o período estimado de retorno simples (PRS), que nos fornece o prazo necessário para recuperar o investimento.

PRS (período retorno simples) = Custo investimento inicial R\$ / economia por ano

PRS= 86.940,00 / 22.080,00 = 3,93 anos (tempo estimado de retorno do investimento)

Tabela 4 Retorno do investimento

Status	Ano	Preço tarifa (R\$/kWh) *	Produção de energia (kWh/ano) **	Produção de energia total (R\$)	Resultado financeiro (R\$)	CDB 150% CDI (R\$) ***	Poupança (R\$) ****
Investimento	0	0,00	0,00	0,00	-86.940,00	0,00	0,00
Investimento	1	0,92	33.300,00	30.636,00	-56.304,00	91.912,97	89.678,61
Investimento	2	0,96	33.034,00	62.249,54	-24.690,46	97.170,39	92.503,49
Lucro	3	0,99	32.770,00	94.855,69	7.915,69	102.728,54	95.417,35
Lucro	4	1,03	32.508,00	128.501,47	41.561,47	108.604,61	98.422,99
Lucro	5	1,08	32.248,00	163.200,32	76.260,32	114.816,79	101.523,32
Lucro	6	1,12	31.990,00	198.997,13	112.057,13	121.384,31	104.721,30
Lucro	7	1,16	31.734,00	235.935,51	148.995,51	128.327,50	108.020,02
Lucro	8	1,21	31.480,00	274.057,79	187.117,79	135.667,83	111.422,65
Lucro	9	1,26	31.228,00	313.373,84	226.433,84	143.428,03	114.932,47
Lucro	10	1,31	30.978,00	353.924,04	266.984,04	151.632,11	118.552,84
Lucro	11	1,36	30.730,00	395.747,57	308.807,57	160.305,47	122.287,25
Lucro	12	1,42	30.484,00	438.882,43	351.942,43	169.474,94	126.139,30
Lucro	13	1,47	30.240,00	483.395,71	396.455,71	179.168,91	130.112,69
Lucro	14	1,53	29.998,00	529.322,65	442.382,65	189.417,37	134.211,24

Lucro	15	1,59	29.758,00	576.697,39	489.757,39	200.252,04	138.438,89
Lucro	16	1,66	29.520,00	625.582,51	538.642,51	211.706,46	142.799,72
Lucro	17	1,72	29.284,00	676.009,56	589.069,56	223.816,07	147.297,91
Lucro	18	1,79	29.050,00	728.038,11	641.098,11	236.618,35	151.937,79
Lucro	19	1,86	28.818,00	781.726,04	694.786,04	250.152,92	156.723,83
Lucro	20	1,94	28.587,00	837.127,65	750.187,65	264.461,66	161.660,64
Lucro	21	2,02	28.358,00	894.297,38	807.357,38	279.588,87	166.752,95
Lucro	22	2,10	28.131,00	953.288,09	866.348,09	295.581,35	172.005,66
Lucro	23	2,18	27.906,00	1.014.151,08	927.211,08	312.488,61	177.423,84
Lucro	24	2,27	27.683,00	1.076.936,12	989.996,12	330.362,96	183.012,69
Lucro	25	2,36	27.462,00	1.141.718,98	1.054.778,98	349.259,72	188.777,59
Resultado líquido (descontando imposto de renda)					1.054.778,98	309.911,76	188.777,59

Fonte: Autor (2022)

Como mostra na tabela, no decorrer dos 25 anos da eficiência máxima das placas é notório um retorno financeiro de grande valia, pois, com a inflação por ano em média a 4,00%, e conforme especificação do fabricante os módulos perdem 20% de sua eficiência em 25 anos.

Com todos esses fatores acontecendo pode-se verificar que ao longo dos 25 anos tem-se um resultado financeiro de R\$ 1.054.778,98.

4.3 Resultado real do sistema instalado

O sistema fotovoltaico, descrito no artigo, começou a operar em Agosto de 2022, a partir desse período sempre ocorre um acompanhamento da geração de energia diário e com isso pode-se ter a real produção mensal. Na tabela 05 pode-se perceber o resultado real de uma maneira mais ampla:

Mês	Geração estimada KWh	Geração Real KWh	Diferença do real X estimado (KWh)
Setembro	2.875,00	2.439,90	436,1
Outubro	2.994,00	2.522,22	471,78

Segundo a empresa Leazi , as possíveis causas da diferença entre o valor estimado e o valor realmente produzido de energia elétrica podem ser:

- A potência nominal dos módulos informado pelo fabricante pode não corresponder ao seu valor real.
- A irradiação estimada pode não corresponder aos valores atuais obtidos na cidade de São Lourenço da Mata
- As perdas devido ao aquecimento dos módulos podem ser superiores ao valor considerado na estimativa.
- O rendimento dos inversores pode ser inferior ao estimado cálculo de estimativa.

A discrepância entre a potência informada pelo fabricante e o real valor dessa potência quando medido, é uma problema recorrente, causando diferença nos cálculos dos índices de méritos.

O resultado visual da usina instalada foi satisfatório, sem comprometer o telhado e a segurança de uma maneira geral.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No momento em que o mundo se encontra em meio a uma crise ambiental, a implementação de fontes alternativas de energia se torna cada vez mais necessário. Os resultados obtidos mostra que o sistema fotovoltaico é competitivo com a tecnologia que predomina no mercado para energização. Porém é preciso que faça um estudo mais detalhado sobre o projeto e a estimativa de produção.

O estudo demonstrou a viabilidade técnica e a facilidade da instalação do sistema fotovoltaico conectado à rede distribuição de baixa tensão, no qual ficou claro que não existe dificuldade técnicas para a consolidação dessa forma limpa de produção de energia elétrica.

No entanto pode-se reafirmar que o resultado de tempo estimado é em média 3 anos e 9 meses para se obter o retorno do investimento, mesmo assim ainda é

viável economicamente a implantação da energia fotovoltaica em escolas, pois, quando se avalia a garantia das placas X economia gerada em seu tempo pode-se perceber que o retorno financeiro é alto.

Contudo, conclui-se que a instalação de projeto de energia fotovoltaica além dos benefícios ambientais trazidos é de grande valia quando se pensa em retorno financeiro quando comparado com investimento feito para se obter o projeto.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Capacidade solar instalada no brasil deve saltar 115% até o final de 2018.** 2018. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/capacidade-solar-instalada-no-brasil-deve-saltar-115-ate-o-final-de-2018.html>>. Acesso em: 27 Set. 2018.

AGENCY, I. E. **Solar Energy Perspectives.** 2011. Disponível em: <[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar Energy Perspectives2011.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar_Energy_Perspectives2011.pdf)>. Acesso em: 26 Set. 2022.

ANEEL – **Agência Nacional de Energia Elétrica, Resolução Normativa N° 482** de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

CSR ENERGIA SOLAR. **Origem do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede**. 2018. Disponível em <<http://www.csrenergiasolar.com.br/blog/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede---sfcron-grid>>. Acesso em: 27 Set. 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2018**: Ano base 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-bertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf>. Acesso em: 01 agos. 2022.

FREITAS, B. M. de R; HOLLANDA, L. **Micro e Minigeração no Brasil: Viabilidade Econômica e Entraves do Setor**. [S.I.]: FGV Energia, 2015. Disponível em: <<https://fgvenergia.fgv.br/artigos/micro-e-minigeracao-no-brasil-viabilidade-economica-e-entraves-do-setor>>. Acesso em: 27 Mar. 2019.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos Conversão e Viabilidade Técnico-econômica**. Grupo de Energias PEA - Escola Politécnica Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 71. 2011.

GUIMARÃES, B. **Análise da viabilidade econômica da instalação de um sistema de autoconsumo fotovoltaico numa habitação**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, 2016.

IEA – International Energy Agency; BE – Becquerel Institute; JP – RTS Corporation. **Snapshot of global photovoltaic markets: Report IEA PVPS T1- 33:2018. 2018**. Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2017.pdf>. Acesso em: 27 Set. 2022.

KONZEN, G . Difusão de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede no Brasil: uma simulação via modelo de Bass. Tese de dissertação de mestrado. PPGE- USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MIRANDA, F . Energia Solar Fotovoltaica: Uma breve revisão. **Revista virtual de química**. Niterói, RJ, vol. 7, n. 1, p. 126-143, 14, out. 2015.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Resolução nº 5**, de 3 de setembro de 2018. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139155/RESOLUxO_CNPE_5.pdf/c148546f-ce0e-4517-b052-5e52fd2b5bc6>. Acesso em: 20 Out. 2022.

NARUTO, D. T. **Vantagens e desvantagens da geração distribuída e estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica da UFRJ. Rio de Janeiro, 2017.

NASCIMENTO, C . **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2014.

NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no brasil: situação e perspectivas**. Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, 2017.

PANG, Y.; HE, Y.; CAI, H . Business model of distributed photovoltaic energy integrating investment and consulting services in China. **Journal of Cleaner Production**. 218, 943-965, 2019.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

RODRIGUES, C. L. C. **Eletrônica de potência e acionamentos elétricos**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Ouro Preto, 2015.

VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações - Sistemas isolados e conectados à rede**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2015. 224 p.