



UNIARA

Universidade de Araraquara

AVALIAÇÃO TÉCNICA-ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA CONDOMINIAL: ESTUDO DE CASO

TECHNICAL-ECONOMIC EVALUATION OF IMPLEMENTATION OF CONDOMINIUM PHOTOVOLTAIC MICROGENERATION: A CASE STUDY

EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MICROGENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN CONDOMINIO: UN ESTUDIO DE CASO

Jean Diego Oliveira Brasil¹, Antônio Pinto do Nascimento Neto², Fabiana Florian³

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i12.2468>

PUBLICADO: 12/2022

RESUMO

A Energia solar é economicamente viável, de fácil aquisição e instalação, possui características de longa vida útil do sistema gerador, no Brasil detém grande potencial de uso e altos níveis de incidência solar que são superiores aos países que desenvolvem projetos fotovoltaicos com frequência, com isso a energia solar no Brasil aparece fortemente como uma opção complementar à matriz energética. O objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade técnica e econômica de projetos já integrados de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Foi realizado um levantamento bibliográfico abrangendo os principais temas e também um estudo de caso com base nos dados fornecidos pelo gerente do projeto e comparação dos dados estimados de geração de energia com os dados estimados de consumo, módulo e inversor. O sistema fotovoltaico é composto por 71 módulos, cada um com potência de 510 Wp, totalizando 36,1 kWp, e dois inversores com potência nominal de 15 kW. Ao final do trabalho, é apresentado um estudo econômico que comprova que o projeto em questão é tecnicamente viável.

PALAVRAS-CHAVE: Condomínio. Econômica. Energia. Solar. Viabilidade.

ABSTRACT

Solar Energy is economically viable, easy to acquire and install, has characteristics of long useful life of the generator system, in Brazil with great potential for use and high levels of solar incidence that are superior to countries that develop photovoltaic projects frequently, with that solar energy in Brazil appears strongly as a complementary option to the energy matrix. The objective of this work is to demonstrate the technical and economic viability of already integrated projects of photovoltaic systems connected to the electrical grid. A bibliographical survey was carried out covering the main themes and also a case study based on data provided by the project manager and comparison of estimated energy generation data with estimated consumption, module and inverter data. The photovoltaic system consists of 71 modules, each with a power of 510 Wp, totaling 36.1 kWp, and two inverters with a nominal power of 15 kW. At the end of the work, an economic study is presented that proves that the project in question is technically feasible.

KEYWORDS: Condominium. Economical. Energy. Solar. Viability.

RESUMEN

La energía solar es económicamente viable, fácil de adquirir e instalar, tiene características de larga vida del sistema generador, en Brasil con gran potencial de uso y altos niveles de incidencia solar que son más altos que los países que desarrollan proyectos fotovoltaicos con frecuencia, por lo que la

¹ Graduando no Curso Bacharelado de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.

² Orientador(a) Mestre, Docente do curso Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.

³ Coorientadora. Doutora em Alimentos e Nutrição. Docente do curso de Engenharia Elétrica da UNIARA.

energía solar en Brasil aparece fuertemente como una opción complementaria a la matriz energética. El objetivo de este trabajo es demostrar la viabilidad técnica y económica de proyectos ya integrados a partir de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica. Se realizó una encuesta bibliográfica que cubrió los temas principales y también un estudio de caso basado en los datos proporcionados por el gerente del proyecto y la comparación de los datos estimados de generación de energía con los datos estimados de consumo, módulo e inversor. El sistema fotovoltaico consta de 71 módulos, cada uno con una potencia de 510 Wp, totalizando 36,1 kWp, y dos inversores con una potencia nominal de 15 kW. Al final del trabajo, se presenta un estudio económico que demuestra que el proyecto en cuestión es técnicamente factible.

PALABRAS CLAVE: Condominio. Económico. Energía. Solar. Viabilidad.

1 INTRODUÇÃO

A demanda global por energia elétrica deverá crescer 62% nos próximos 30 anos até 2050, acrescentando 1,5% de aumento no consumo mundial ao ano. (EPBR, 2022).

A distribuição das fontes de energia nos países é fundamental para definição da matriz energética. Os sistemas solares não são mais uma aplicação única, mas tornaram-se muito importantes em alguns países. O conceito de geração distribuída torna possível a geração de energia em pontos diferentes, contribuindo sucessivamente para a diminuição dos investimentos em linhas de transmissão, dando um *up grade* à rede das concessionárias.

O ano de 2021 foi atípico em relação ao clima, uma estiagem que implicou significativamente o consumidor. No Brasil, a principal fonte de geração de energia elétrica é a hidráulica, seguida da geração térmica. (UOL, 2022)

Os raios solares são transformados em eletricidade em uma célula cujo nome é fotovoltaica, fabricada com materiais chamados semicondutores. Por sua vez, o mais utilizado é o silício. Composta por pequenos elementos denominados fótons, quando eles atingem a célula fotovoltaica, parte deles é absorvida e esses fótons se chocam com os elétrons do material semicondutor, assim gerando eletricidade. Quanto maior a luz solar maior será o fluxo de eletricidade (SOLLAR, 2022)

Os inversores por sua vez (Inversor On Grid) são utilizados para conectar o sistema fotovoltaico à rede elétrica, cuja função é a de inverter a energia gerada na placa solar, que no caso é a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA). (PORTAL, 2022)

Essa energia que sai do inversor já em (CA) é direcionada para o quadro de força e luz (QFL) e sucessivamente distribuída para a casa ou empresa, uma vez que essa energia invertida é injetada em sua residência, pode-se usá-la para qualquer fim no quesito energia elétrica consumida dentro de casa. Quando a residência e/ou empresa não utiliza toda energia gerada pelas placas, ela é injetada na rede da distribuidora local, através do relógio medidor (bidirecional). Este método é chamado de Compensação de energia ou Net Metering e é muito usado no Brasil como forma de incentivar o investimento produção e energia para autoconsumo. Este saldo de compensação aderido no Brasil (consumo) paga o saldo líquido entre a produção e o saldo de energia, durante o mês, o excedente solar é injetado na rede da concessionaria gerando créditos de energia. Por outro lado, quando o sol não é o suficiente a energia da rede complementa o consumo e no final do mês a conta de luz indica o consumo e os créditos gerados. O consumidor paga apenas a diferença daqueles meses e a tarifa (SOLLAR, 2022).

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo realizar uma análise técnica e do uso de energia solar fotovoltaica em um condomínio, localizado no município de Araraquara - SP.

Foi realizada pesquisa bibliográfica e um estudo de caso em um condomínio residencial no município de Araraquara-SP. A pesquisa foi elaborada através de dados fornecidos pela administradora do condomínio e pela empresa que projetou o sistema fotovoltaico. Também foi apresentando o custo do projeto implementado e o retorno econômico.

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: CONCEITO, CARACTERÍSTICAS, FUNCIONAMENTO

A energia solar fotovoltaica é lograda pela conversão da energia do sol em eletricidade por meio de uma tecnologia baseada no efeito fotovoltaico. É um tipo de energia renovável infinita que pode ser produzida por equipamentos que vão desde pequenos geradores para autoconsumo até grandes sistemas solares (NEOSOLAR, 2022). A figura 1 mostra o esquema de ligação.

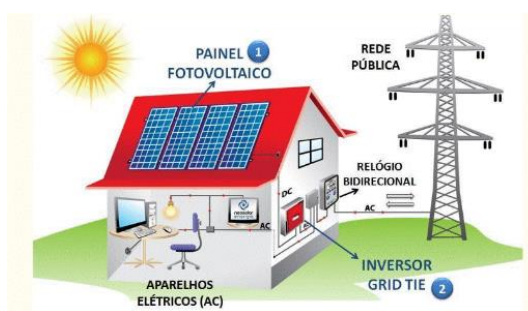


Figura 1 - Esquema de Ligação
Fonte: (NEOSOLAR, 2022)

“Energia solar” se refere a qualquer processo que se utiliza raios solares para a produção de energia. A energia solar fotovoltaica é um tipo específico de energia solar denominado processo de conversão da radiação solar em eletricidade através do efeito fotovoltaico gerado pela ação das células solares presentes nos painéis solares conforme figura 2 abaixo. (NEOSOLAR, 2022)

Figura 2 - Painéis fotovoltaicos



Fonte: (NEOSOLAR, 2022)

A energia fotovoltaica é a energia solar mais comum e se predispõe por uma vasta variedade de aplicações. Além das usinas solares onde são as centrais que produzem energia em larga escala

é possível aplicar a tecnologia próximo aos locais de consumo na chamada Geração Distribuída onde os sistemas denominados On Grid e Off Grid. (NEOSOLAR, 2022).

O processo de geração de energia solar é feito em larga escala com painéis solares ou, em aplicações mais limitadas, em sistemas privados on-grid e off-grid que podem ser instalados com kits solares, a forma de gerar energia a partir do sol é uma delas, mas pode ser feita com diversos aparelhos. No caso de um sistema conectado à rede (On Grid), as células dos painéis fotovoltaicos convertem a energia luminosa em eletricidade, após ser gerada, essa energia será transferida para o inversor, que é responsável por proteger a rede e converter a corrente contínua, (CC) fornecida pelos painéis à corrente alternada (CA) disponível na rede elétrica convencional ou seja, em 110V ou 220V. (NEOSOLAR, 2022)

A energia convertida pelo inversor é então enviada para a entrada da unidade consumidora (por exemplo, um apartamento ou empresa que recebe a energia). Já no Off Grid, os sistemas fotovoltaicos costumam também contar com baterias, que armazenam a energia produzida pelos painéis solares para que seja possível utilizá-la posteriormente nos momentos sem sol, como a noite ou em dias nublados (NEOSOLAR, 2022).

Entre a bateria e os painéis, ficam os controladores de carga ou descarregadores solares, utilizados para controlar a tensão de entrada de ambos os equipamentos, evitando sobrecargas ou descargas excessivas além e otimizar e prolongar a vida útil da bateria e o aproveitamento da energia das placas solares (NEOSOLAR, 2022).

A figura 3 mostra o sistema Off Grid e On Grid.



Figura 3 - Sistemas de ligação on grid e off grid
Fonte: (NEOSOLAR, 2022)

A célula fotovoltaica mais conhecida como célula solar é a unidade responsável para que o funcionamento da energia solar, produzida com materiais semicondutores é responsável por gerar o efeito fotovoltaico fazendo com que a luz do sol converta – a em energia elétrica conforme mostra a figura 4.

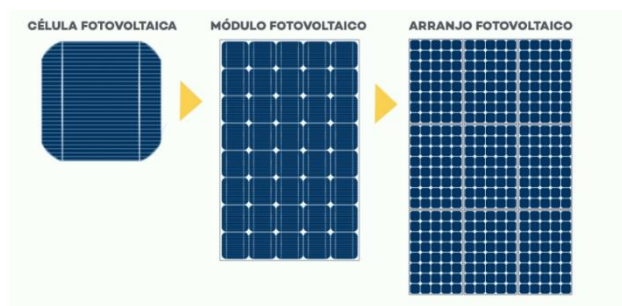


Figura 4 - Células fotovoltaicas
Fonte: (NEOSOLAR, 2022)

Um sistema fotovoltaico possui quatro componentes.

- Painéis solares – Exerce o papel de coração, bombeando energia para o sistema. São responsáveis em transformar energia solar em eletricidade e são subdivididos em um ou mais painéis de acordo com o dimensionamento e com a energia necessária.
- Inversores – São responsáveis por transformar os 12 V de corrente contínua (CC) das baterias em 110 V ou 220 V de corrente alternada (CA) ou outra tensão. No caso dos sistemas conectados com a rede elétrica, também são responsáveis pela sincronia.
- Controladores de carga – São designados para evitar sobrecargas ou descargas na bateria aumentando seu desempenho e vida útil.
- Baterias – Armazenam energia elétrica para que o sistema trabalhe quando não há sol, como em dias nublados e a noite (NEOSOLAR, 2022)

Existem alguns tipos de células fotovoltaicas e maneiras diferentes de fabricação e variedade de materiais semicondutores. Mesma produzida de modos distintos todas elas são projetadas para desempenhar a mesma função (Captar a energia e convertê-la em eletricidade). A figura 5 mostra os tipos de painéis.

- Silício – material mais usado no mercado, possuindo propriedades semicondutoras.
- Silício cristalino – Hoje é a principal matéria prima para fabricação das células tendo uma boa eficiência e custo-benefício.
- Silício monocristalino – Mais conhecida como (Mono-si), elas utilizam apenas um cristal e são mais eficientes.
- Silício policristalino – Mais conhecida como (Multi-si), composta por vários cristais, menos eficiente, mas apresentam também um custo menor e acaba tendo um melhor custo-benefício (NEOSOLAR, 2022)

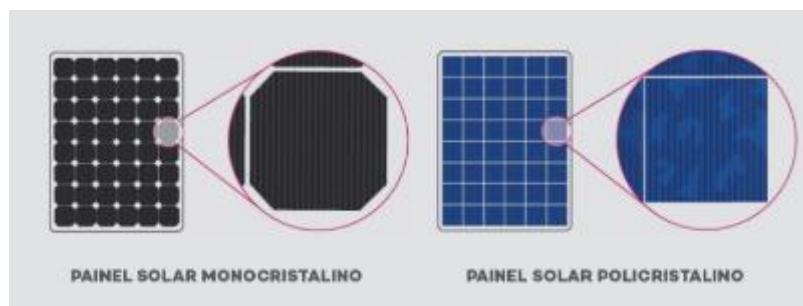


Figura 5 - Tipos de células
Fonte: (NEOSOLAR, 2022)

3 IMPLANTAÇÃO DOS PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS EM UM CONDOMÍNIO NO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA-SP

3.1 LOCALIZAÇÃO

Foi realizado um estudo de caso no Município de Araraquara/SP, localizado no bairro Iguatemi. Trata-se de um estudo em um condomínio residencial vertical, com 17 Blocos, constituído por prédios funcionais, de três andares e elevador. Os 17 Blocos são compostos por 272 apartamentos e cada bloco possui 16 apartamentos. A Figura 6 apresenta a imagem da vista aérea de um dos blocos que dispõe da célula instalada no local.



Figura 6 - Vista aérea do bloco
Fonte: AUTOR

3.2 PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

Foi realizado acompanhamento / monitoramento do sistema fotovoltaico implementado nos blocos durante o período de 6 meses:

A elaboração do projeto e a sua implementação foi realizada por uma empresa contratada pelo condomínio.

Para base de cálculo a fim de mensurar a eficiência da implementação do sistema fotovoltaico, a empresa utilizou uma área de 202 m² de telhado para a instalação das placas solares de acordo com histórico de consumo e demanda a ser aplicada fornecidas pelo cliente (condomínio).

Para este estudo foram analisados apenas os dados de consumo do prédio (iluminação e instalações de uso comum de prédio), não será levado em consideração o consumo utilizado pelos moradores do condomínio.

De acordo com a análise técnica feita pela empresa Speranza Engenharia, o condomínio dispõe de 17 blocos, porém as placas serão somente instaladas nos blocos 1 e 15, com área de 101 m² cada bloco, pois a quantidade de placas necessárias para tais blocos atende a demanda do condomínio e redistribuí para as demais áreas comuns do condomínio.

3.2.1 LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O dimensionamento do projeto fotovoltaico propõe inicialmente que seja mensurado o consumo do ano de 2021, consumo médio e consumo anual. A Tabela 1 apresenta o consumo de energia elétrica (Kwh) mês a mês do ano de 2021.

Tabela 1 - Consumo de energia elétrica do condomínio no ano de 2021

Mês	Consumo (Kwh)
Janeiro	4069
Fevereiro	3741
Março	4924
Abril	4549
Mai	4278
Junho	3847
Julho	4295
Agosto	4929
Setembro	5960
Outubro	6242
Novembro	5719
Dezembro	5617
Consumo Mensal Médio	4736,5
Consumo Anual	62906,5

Fonte: AUTOR

Observa-se que nos meses de outubro a dezembro o aumento no consumo de energia elétrica ocorreu devido ao aumento de carga de iluminação referente as áreas cobertas (garagens) dos carros do estacionamento do condomínio.

3.2.2 DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Os painéis fotovoltaicos utilizados pela empresa contratada são da marca Trinasolar, modelo Vertex S TSM- DE18M(II) (Tabela 2) que possuem os certificados de umas das principais normas canadense e alemã (CSAGroup), (TUV Rheinland) e (UL) Serviços de Certificação e Acompanhamento.

A garantia apresentada pela empresa ECOPOWER pela instalação é de 10 anos nos módulos e eficiência do sistema de 25 anos. A empresa garante a eficiência mínima de geração solar de 80%. A Tabela 2 mostra o modelo utilizado no projeto e algumas informações comerciais.

Tabela 2 - Modelo do modulo fotovoltaico utilizado no projeto

Fabricante	Modelo	Potência (Wp)	Eficiência (%)	Tecnologia
Trinasolar	Vertex S TSM-DE18M(II)	510	21,2	Si-Mono

Fonte: AUTOR

As Tabelas 3 e 4 apresenta as características Elétricas e Térmicas dos módulos escolhidos. No total do projeto foram instalados 71 módulos. Os valores são obtidos nas condições das normas canadenses e alemãs conforme informado pelo fabricante.

Tabela 3 - Características elétricas do modulo Vertex S TSM-DE09 da trinasolar

Pmax (Wp)	Vmpp (V)	Impp (A)	Voc (V)	Isc (A)	n M (%)
510	43,2	11,81	52,1	12,42	21,2

Fonte: AUTOR

Tabela 4 - Características Térmicas do modulo Vertex S-DE09 da trinasolar

NOCT	Pmax	Voc	Isc
43°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)	- 0.34%/°C	- 0.25%/°C	0.04%/°C

Fonte: AUTOR

A quantidade de módulos, a eficiência e a área determinada para produzir a energia estimada pelo fabricante antes da instalação foi de 71 módulos, com eficiência de 80% e a área de 202 m². Ressalta-se que a potência de cada placa é de 510 Wp.

Após determinar a quantidade de módulos é imprescindível conhecer os valores de tensão e corrente de operação do inversor que é apresentado na seção 3.2.3.

3.2.3 Escolha do inversor

A Tabela 5 apresenta o modelo utilizado no projeto e comercializados no mercado brasileiro. O dimensionamento do inversor foi feito pela empresa contratada pela administradora do condomínio. Consta na Tabela 5 a potência nominal, a certificação conforme normas técnicas e funções de proteção incorporadas.

Tabela 5 - Modelo do inversor solar String Grid TIE

Fabricante	Modelo	Proteção incorporada	Potência (W)
WEG	Inversor String SIW500H-ST015M2	SIM	15000

Fonte: AUTOR

O inversor Inversor String SIW500H-ST015M2 é fabricado pela WEG cujo registro no INMENTRO é 005575/2016. O equipamento também atende as normas brasileiras (ABNT) (NBR) 16149, 16150 e (ABNT) (NBR) IEC 62116.

A Tabela 6 apresenta a descrição dos parâmetros elétricos do inversor.

Tabela 6 - Parâmetros elétricos Inversor WEG SIW500H ST015 M2

Tensão de entrada máxima	1080 V
Corrente de entrada máxima MPPT	22 A
Corrente máxima de curto circuito MPPT	30 A
Faixa de tensão MPPT em máxima potência	160 V ~ 950 V
Potência ativa CA nominal	15000 W
Potência aparente máxima	16500 VA
Tensão de saída nominal (FN/FF)	220 V (F-N) / 380 V (F-F), 230 V / 400 V, 3F+N+PE
Frequência de rede CA nominal	50 Hz / 60 Hz
Corrente de saída máxima	25,2 A
Fator de potência ajustável	0,8 adiantado/ 0,8 atrasado
Distorção harmônica total máxima	≤3%
Proteção	Proteção contra AFCI Seccionadora lado CC Proteção anti-ilhamento Proteção contra polaridade CC invertida Monitoramento de falha de string no arranjo PV Supressor de surto CC Supressor de surto CA Monitoramento da isolamento Detecção de corrente de fuga

Fonte: AUTOR

Com base nos dados de tensão e da corrente do inversor é plausível situar a associação dos módulos para abranger tais condições. Foi definido que os módulos de 510Wp conectados eletricamente formam uma ligação série e paralelo para atingir os requisitos de tensão e corrente dos inversores para os setenta e um módulos.

3.2.4 Produtividade do sistema

A energia gerada no condomínio foi estimada pela empresa responsável pelo projeto.

A Tabela 7 apresenta a estimativa mensal de geração do sistema fotovoltaico instalado.

Tabela 7 - Produção estimada mensal

Mês	Energia Gerada (KWh)
Janeiro	4838
Fevereiro	4925
Março	4406
Abril	4018
Maiο	3456
Junho	3240
Julho	3413
Agosto	4190
Setembro	4190
Outubro	4709
Novembro	4925
Dezembro	5227
Produção anual estimada	51840
Média	4320

Fonte: AUTOR

Ao equiparar os dados da Tabela 7 e da Tabela 1 (Consumo de energia elétrica do condomínio no ano de 2021), verifica-se que é gerado em média cerca de 13% a menos de energia do que é consumido. Observa-se que os dados de medição são baseados em estimativas de produção e podem variar de mês para mês e também devido a variações no número de painéis no projeto, alterando também a eficiência Figura 7.

Na Figura 7 é possível observar que no mês de janeiro, fevereiro e março o consumo ainda é alto pelo fato do sistema começar a funcionar a pleno a partir de abril, embora o consumo foi maior que o gerado, provavelmente pela variação dos dias/meses de leitura e oscilação nos valores do KWh; no mês de março, o consumo também se mostrou maior que a geração, pois o sistema ainda não estava a pleno e nos meses subsequentes (abril/maio) houve uma geração quase equiparada (consumo x projetado), no entanto nesse caso os baixos índices de radiação durante o inverno são cruciais e tornam o sistema fotovoltaico menos eficiente.

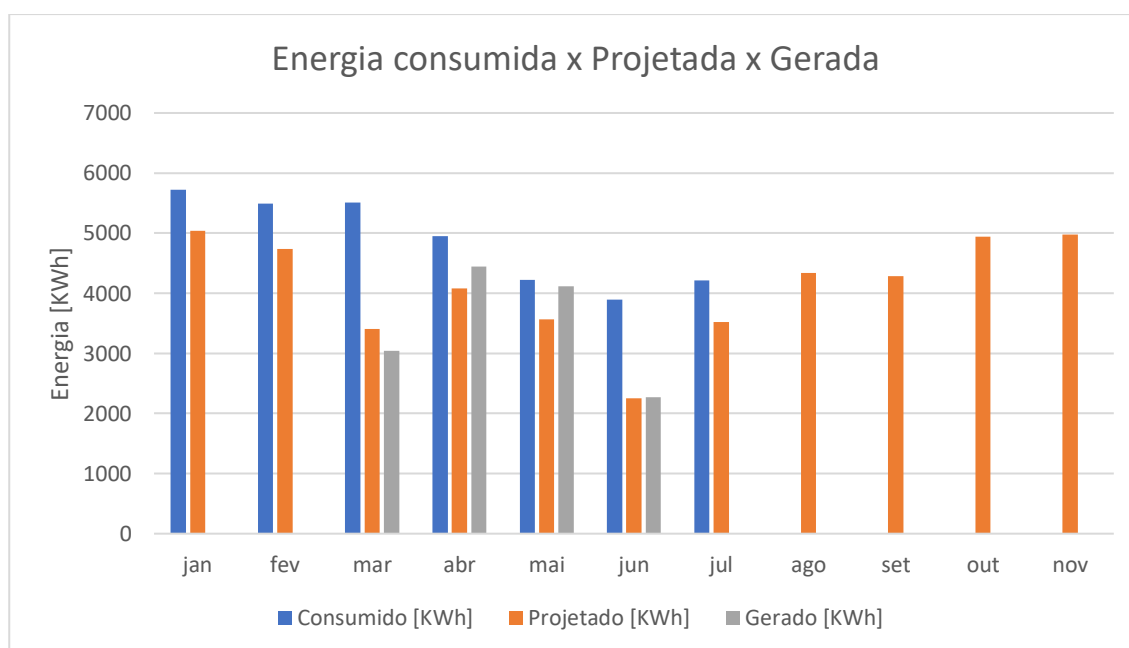


Figura 7 - Comparação entre energia consumida, projetada e gerada
Fonte: AUTOR

Na Figura 8 é possível visualizar de forma comparativa o projetado e registrado no período de março a junho de 2022.

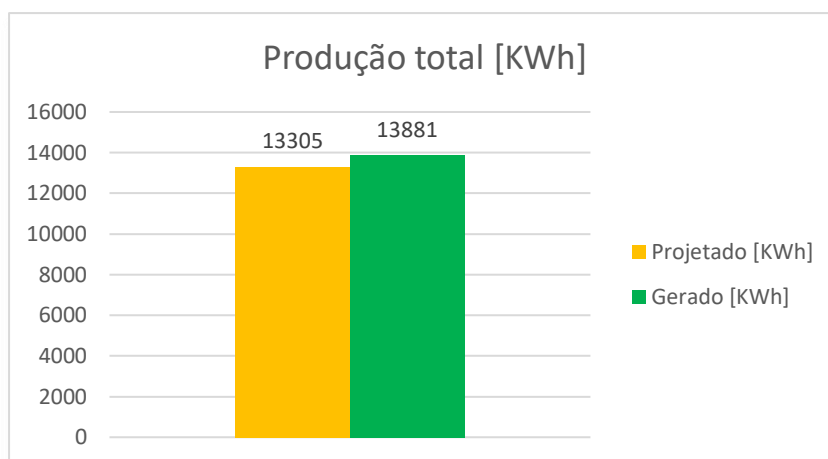


Figura 8 - Produção total sistema
Fonte: AUTOR

Como a média de produção é em torno de 13% menor que a média de consumo, o sistema projetado em relação a sua geração a média é de 104% de eficiência. Pode-se dizer que o sistema será autossuficiente, sem grandes variações na carga comparado a projeção.

3.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para realizar a viabilidade econômica do projeto é calculado Tempo de Retorno do Investimento (TIR), e a Taxa SELIC do ano de 2022 (13,25%) e Reajuste de 5% ao ano para as tarifas de energia, em que são comparados os valores do investimento e a economia gerada ao longo do tempo.

Verifica-se se que o projeto apresenta lucro ao investidor e em quanto tempo (ano) esse lucro será obtido. São considerados os custos do inversor e dos módulos em comparação com a economia na fatura de energia elétrica junto à distribuidora (CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz) bem como a unidade consumidora (condomínio) que tem um consumo anual de 4736,5 KWh/mês, suscitando uma economia média mensal de R\$ 4329,20.

A Figura 9 apresenta os valores disponibilizados pela empresa responsável pelo projeto.

SOBRE O PROJETO

Levando em consideração os detalhes apresentados temos os cenários de investimentos:

Local da Instalação dos Módulos	Telhado
Potência Nominal (kWp)	36
Geração média de kWh/mês	4320
Módulos Fotovoltaicos (400 Wp)	90
Inversor Solar (kW) - Marca WEG (*)	15+15
Peso total do Módulos	1890
Área Necessária (m ²)	202
Valor Total (R\$)	159.419,75

Figura 9 - Custos do projeto fotovoltaico
Fonte: (ECOPOWER, 2022)

De acordo com a relação de geração e consumo do sistema fotovoltaico, constatou-se que a energia solar gerada não irá suprir 100% do consumo da residência. Em contrapartida em algumas situações a conta de energia elétrica fica no mínimo, podendo se dizer que em alguns meses há um consumo menor do que o esperado ficando assim o valor da conta para o mês subsequente. Dessa

forma, o custo mensal de energia do edifício será referente à tarifa de disponibilidade cobrada pela distribuidora de acordo com o tipo de conexão.

A Tabela 8 apresenta o valor da tarifa de disponibilidade em kWh/mês e R\$/mês, considerando a tarifa de energia atual (ano 2022) igual a R\$ 0,7491865/kWh.

Tipo de Conexão	Tarifa de Disponibilidade (KWh)/Mês	Custo Mensal Mínimo (R\$/Mês)
Monofásico	30	14,00
Bifásico	50	23,33
Trifásico	100	46,65

Fonte: AUTOR

Para determinar a economia mensal considera-se o consumo médio do edifício que era de 4736,5 kWh/mês. A Equação (1) é utilizada para determinar o custo médio mensal antes da instalação do sistema de geração (C anterior) considerando o ICMS (Imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual) que incide sobre tarifa, atualmente igual 18%.

Equação (1)

C anterior = consumo. Tarifa + ICMS

C anterior = (4736,5.0,7491869) * 100/82 = R\$ 4.329,20

MÉDIA MÊS													
MÊS DE REFERÊNCIA	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22	MEDIA
PROJETADO	2485,99	2336,98	1677,66	2013,36	1758,71	1110,76	1736,67	2137,78	2111,47	2437,51	2452,72	2644,67	1640,12
REGISTRADO	-	-	1342,01	2113,90	1927,85	1068,36	-	-	-	-	-	-	1613,03

MÉDIA DIA													
MÊS DE REFERÊNCIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MEDIA*
PROJETADO	80,19	83,46	72,94	67,11	56,73	52,89	56,02	68,96	70,38	78,63	81,76	85,31	62,48
REGISTRADO	-	-	58,35	70,46	62,19	50,87	-	-	-	-	-	-	61,45

* Média Ponderada

DIAS DE REGISTROS													
MÊS DE REFERÊNCIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
	31	28	23	30	31	21	31	31	30	31	30	31	

Figura 10 - Consumo atual Médio/Anual KWh/R\$ referente a 35 placas
Fonte: (SOLARVIEW, 2022)

MÉDIA MÊS													
MÊS DE REFERÊNCIA	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22	MEDIA
PROJETADO	2555,82	2402,63	1724,79	2069,92	1808,11	1141,96	1785,45	2197,83	2170,78	2505,98	2521,62	2718,96	1686,19
REGISTRADO	-	-	1697,76	2334,96	2192,93	1203,46	-	-	-	-	-	-	1857,28

MÉDIA DIA													
MÊS DE REFERÊNCIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MEDIA*
PROJETADO	82,45	85,81	74,99	69,00	58,33	54,38	57,60	70,90	72,36	80,84	84,05	87,71	64,24
REGISTRADO	-	-	73,82	77,83	70,74	57,31	-	-	-	-	-	-	70,75

* Média Ponderada

DIAS DE REGISTROS													
MÊS DE REFERÊNCIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
	31	28	23	30	31	21	31	31	30	31	30	31	

Figura 11 - Consumo atual Médio/Anual KWh/R\$ referente a 36 placas
Fonte: (SOLARVIEW, 2022)

Pode-se observar nas figuras 10 e 11 os pontos de destaque em verde o que realmente foi projetado e registrado, assim nos meses subsequentes está apenas a projeção do que seria previsto para o edifício. Sendo assim há uma base real do valor que foi consumido expresso em KWh e R\$ e o valor Projetado e Registrado na mesma unidade Tabela 9.

Tabela 9 - Valores consumidos x projetado [KWh/R\$]

	R\$	KWh	R\$	KWh	R\$	KWh	R\$	KWh
Meses	mar		abr		mai		jun	
Consumido [KWh]/R\$	R\$ 5.292,41	5512	R\$ 3.200,59	4955	R\$ 2.036,48	4225	R\$ 2.162,64	3894
Média R\$	R\$ 311,32	324,2	R\$ 188,27	291,5	R\$ 119,79	248,5	R\$ 127,21	229,1
Média Projetada [KWh]/R\$	R\$ 147,93	R\$ 3.402,55	R\$ 136,11	R\$ 4.083,28	R\$ 115,06	R\$ 3.566,82	R\$ 107,27	R\$ 2.252,72
Média Gerada [KWh]/R\$	R\$ 132,17	R\$ 3.039,77	R\$ 148,29	R\$ 4.448,86	R\$ 132,93	R\$ 4.120,78	R\$ 108,18	R\$ 2.271,80

Fonte: AUTOR

Na Tabela 9 a média consumida e a média gerada estão bem próximas, pelo fato de o sistema não ser 100% compatível com a carga gerada, porém a Tabela 10 apresenta os valores de energia elétrica consumida antes e após o sistema.

Tabela 10 - Média consumida x gerada [R\$]

	R\$	KWh	R\$	KWh	R\$	KWh	R\$	KWh	R\$	KWh	R\$	KWh
Meses	jan		fev		mar		abr		mai		jun	
Consumido [KWh]/R\$	5.736	5721	5.292	5496	5.292	5512	3.201	4955	2.036	4225	2.163	3894

Fonte: AUTOR

Em relação ao mês de janeiro (2022) em comparação ao menor índice de valor pago (maio de 2022) há uma economia de R\$ 3700,00 reais.

A partir dos cálculos de custo mensal anterior e atual é imaginável avaliar a economia do sistema. Para esse panorama, foi realizada uma média entre os meses de janeiro a março de 2022 e a média depois do sistema implantado. A economia mensal média seria de R\$ 2997,00, e em um ano seria economizado R\$ 35.964,00. Em contrapartida, o período de *payback* é estimado usando o método de *payback* descontado, onde os juros são cobrados para trazer os fluxos de caixa ao longo do tempo ao valor presente (VP). A taxa utilizada é a SELIC, que atualmente equivale a 13,25% ao ano. A Eq. (2) apresenta o método de cálculo do valor presente (VP).

Equação (2)

$$VP = VF/(1 + i)^n$$

Onde:

VF = Valor futuro;

VP = Valor presente;

n = Número de anos;

i = Taxa SELIC; (A Selic é, por definição, o valor averiguado nas operações de empréstimos de um dia entre os bancos que usam títulos públicos federais como garantia).

Payback é um indicador do tempo de retorno de um investimento.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 11 mostra os valores de fluxo de caixa e o valor acumulado para o cálculo do *payback* simples. É necessário lembrar que o sistema de *payback* simples definido por uma metodologia de análise financeira é composta pela soma de todas entradas futuras e não pondera a variação de valor do dinheiro. O fluxo de caixa do investimento inicial foi calculado baseando-se no reajuste anual à tarifa de energia.

Tabela 11 - Fluxo de caixa do projeto em função das tarifas para cada ano

Tempo	Ano	Tarifa Consumo (R\$/KWh)	Economia de consumo	Fluxo de Caixa	Valor Acumulado
0	2022	0,75		-R\$ 159.419,75	-R\$ 159.419,75
1	2023	0,79	R\$ 40.824,00	R\$ 40.824,00	-R\$ 118.595,75
2	2024	0,83	R\$ 42.865,20	R\$ 42.865,20	-R\$ 75.730,55
3	2025	0,87	R\$ 45.008,46	R\$ 45.008,46	-R\$ 30.722,09
4	2026	0,91	R\$ 47.258,88	R\$ 47.258,88	R\$ 16.536,79
5	2027	0,96	R\$ 49.621,83	R\$ 49.621,83	R\$ 66.158,62
6	2028	1,01	R\$ 52.102,92	R\$ 52.102,92	R\$ 118.261,54
7	2029	1,06	R\$ 54.708,06	R\$ 54.708,06	R\$ 172.969,60
8	2030	1,11	R\$ 57.443,47	R\$ 57.443,47	R\$ 230.413,07
9	2031	1,16	R\$ 60.315,64	R\$ 60.315,64	R\$ 290.728,71
10	2032	1,22	R\$ 63.331,42	R\$ 63.331,42	R\$ 354.060,13
11	2033	1,28	R\$ 66.497,99	R\$ 66.497,99	R\$ 420.558,13
12	2034	1,35	R\$ 69.822,89	R\$ 69.822,89	R\$ 490.381,02
13	2035	1,41	R\$ 73.314,04	R\$ 73.314,04	R\$ 563.695,06
14	2036	1,48	R\$ 76.979,74	R\$ 76.979,74	R\$ 640.674,80
15	2037	1,56	R\$ 80.828,73	R\$ 80.828,73	R\$ 721.503,53
16	2038	1,64	R\$ 84.870,16	R\$ 84.870,16	R\$ 806.373,69
17	2039	1,72	R\$ 89.113,67	R\$ 89.113,67	R\$ 895.487,37
18	2040	1,80	R\$ 93.569,36	R\$ 93.569,36	R\$ 989.056,72
19	2041	1,90	R\$ 98.247,82	R\$ 98.247,82	R\$ 1.087.304,55
20	2042	1,99	R\$ 103.160,21	R\$ 103.160,21	R\$ 1.190.464,76
21	2043	2,09	R\$ 108.318,23	R\$ 108.318,23	R\$ 1.298.782,99
22	2044	2,19	R\$ 113.734,14	R\$ 113.734,14	R\$ 1.412.517,12
23	2045	2,30	R\$ 119.420,84	R\$ 119.420,84	R\$ 1.531.937,97
24	2046	2,42	R\$ 125.391,89	R\$ 125.391,89	R\$ 1.657.329,85
25	2047	2,54	R\$ 131.661,48	R\$ 131.661,48	R\$ 1.788.991,33

Fonte: AUTOR

Contata-se que o retorno financeiro seria obtido somente no quinto ano subsequente ao funcionamento do sistema. Essa estimativa considerou algumas possíveis variáveis que podem influenciar diretamente o cálculo, por exemplo, a variação da tarifa de energia e variação da taxa SELIC. Visto que, a Tabela 11 evidencia que com um investimento inicial de R\$ 159.419,75, os anos seguintes trazem uma economia de acordo com o que ela apresenta e que em 5 anos, todo o dinheiro investido no sistema já fora compensando monetariamente diante da Economia de Consumo, logo, em 25 anos que é o tempo de vida útil do sistema, o retorno financeiro se torna positivo, sendo possível acumular um capital de R\$ 1.788.991,33. A partir da análise da Tabela 11, usada no software Excel, encontramos uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 30,5% e *Payback* simples de 5 anos. Como a TIR é maior que a taxa de rendimento da Selic, indica-se, a princípio, que o projeto é viável economicamente. Logo, para o cálculo do VPL construiu-se a Tabela 12.

Tabela 12 - VPL usando a taxa SELIC e o valor acumulado

Tempo	Ano	Fluxo de Caixa	Valor Presente (Selic)	Valor Acumulado
0	2022	-R\$ 159.419,75	-R\$ 159.419,75	-R\$ 159.419,75
1	2023	R\$ 40.824,00	R\$ 36.047,68	-R\$ 123.372,07
2	2024	R\$ 42.865,20	R\$ 33.421,69	-R\$ 89.950,38
3	2025	R\$ 45.008,46	R\$ 30.987,00	-R\$ 58.963,38
4	2026	R\$ 47.258,88	R\$ 28.729,67	-R\$ 30.233,71
5	2027	R\$ 49.621,83	R\$ 26.636,78	-R\$ 3.596,93
6	2028	R\$ 52.102,92	R\$ 24.696,35	R\$ 21.099,42
7	2029	R\$ 54.708,06	R\$ 22.897,28	R\$ 43.996,70
8	2030	R\$ 57.443,47	R\$ 21.229,27	R\$ 65.225,97
9	2031	R\$ 60.315,64	R\$ 19.682,76	R\$ 84.908,73
10	2032	R\$ 63.331,42	R\$ 18.248,92	R\$ 103.157,65
11	2033	R\$ 66.497,99	R\$ 16.919,53	R\$ 120.077,17
12	2034	R\$ 69.822,89	R\$ 15.686,98	R\$ 135.764,15
13	2035	R\$ 73.314,04	R\$ 14.544,22	R\$ 150.308,37
14	2036	R\$ 76.979,74	R\$ 13.484,71	R\$ 163.793,08
15	2037	R\$ 80.828,73	R\$ 12.502,38	R\$ 176.295,45
16	2038	R\$ 84.870,16	R\$ 11.591,61	R\$ 187.887,06
17	2039	R\$ 89.113,67	R\$ 10.747,19	R\$ 198.634,25
18	2040	R\$ 93.569,36	R\$ 9.964,28	R\$ 208.598,53
19	2041	R\$ 98.247,82	R\$ 9.238,40	R\$ 217.836,93
20	2042	R\$ 103.160,21	R\$ 8.565,41	R\$ 226.402,34
21	2043	R\$ 108.318,23	R\$ 7.941,44	R\$ 234.343,78
22	2044	R\$ 113.734,14	R\$ 7.362,92	R\$ 241.706,70
23	2045	R\$ 119.420,84	R\$ 6.826,55	R\$ 248.533,25
24	2046	R\$ 125.391,89	R\$ 6.329,25	R\$ 254.862,50
25	2047	R\$ 131.661,48	R\$ 5.868,18	R\$ 260.730,68
VPL			R\$ 260.730,68	

Fonte: AUTOR

Deste modo, como pode ser visualizado na Tabela 12 supramencionado, tanto para o VPL quanto para a taxa SELIC, são maiores do que zero, ligadamente com a TIR, logo, o projeto do sistema fotovoltaico em tese é viável economicamente.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou realizar uma análise financeira, com o intuito de verificar a viabilidade econômica, através dos métodos VPL, TIR e *Payback*, de um projeto de sistema fotovoltaico implantado em um condomínio residencial, localizado no município de Araraquara, Interior de SP.

A instalação do sistema solar fotovoltaico para este estudo de caso mostrou ser viável economicamente, comparado ao uso de energia elétrica exclusivamente pela rede de distribuição, respaldado pelos métodos de avaliação de investimento. Apontou uma VPL de R\$ 260.730,68, resultado bem positivo, uma TIR de 30,5% e *Payback* de 5 anos. O custo inicial do Projeto é zero, pois o investimento será diluído ao longo do tempo do financiamento de 5 anos, com uma parcela em média de R\$ 2.800,00 ao mês, valor este que é aproximadamente metade do que pagávamos quando não tínhamos o sistema implementado. Portanto, para o estudo de caso, foi feito o cálculo considerando o pagamento a vista e os Retornos dos investimentos citados acima, sim, seria viável a aquisição do sistema solar fotovoltaico tanto via financiamento bancário, quanto pagamento a vista, visto que o valor do financiamento em relação a economia mensal é menor ou igual ao valor da conta de energia elétrica paga anteriormente mantendo-se o custo com suprimento de energia elétrica próximo ao atual.

Com base nos resultados deste estudo e de outros trabalhos na área, verifica-se que os indicadores de viabilidade econômica de sistemas solares fotovoltaicos podem variar, uma vez que dependem fortemente de fatores locais, com destaque para disponibilidade de irradiação solar e preço da tarifa de energia elétrica. Assim, ao planejar substituir o suprimento de energia da rede de distribuição, total ou parcialmente, por geração solar fotovoltaica, é imprescindível realizar um estudo de viabilidade técnica-econômica para cada caso específico. Por fim, estima-se que o uso da energia solar em condomínios tenha potencial para aumentar a competitividade ou reduzir o custo da geração de energia convencional para os consumidores, portanto a energia solar é, tornando-se uma alternativa atrativa o suficiente para complementar a matriz energética brasileira. A contribuição para o meio ambiente e, portanto, para a sociedade, torna os sistemas fotovoltaicos muito atrativos, pois permitem a geração da eletricidade consumida sem produzir ou consumir resíduos ou gases poluentes, efeito estufa e aquecimento global.

REFERÊNCIAS

DOS SANTOS ALMEIDA JÚNIOR, Márcio; ALTOÉ, Leandra. Avaliação técnica-econômica do uso da energia solar fotovoltaica em supermercados: um estudo de caso. **Exacta**, 30 ago. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.19371> Acesso em: 12 jun. 2022.

ECOPOWER. **Dados e custos**. [S. l.]: Ecopower, 2022. Disponível em: <https://www.ecopower.com.br/>. Acesso em: 26 jul. 2022.

EPBR. **Aumento do consumo de energia**. [S. l.]: EPBR, 2022. Disponível em: <https://epbr.com.br/demanda-global-de-energia-crescera-62-ate-2050-aponta-bloombergnef/>. Acesso em: 26 jul. 2022.

NEOSOLAR. **Energia fotovoltaica**. [S. l]: Neosolar, 2022. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaica#o-que-e-energia-solar-fotovoltaica>. Acesso em: 12 jun. 2022.

PEREIRA, Enio *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar**. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 2017. *E-book*. ISBN 9788517000898. Disponível em: <https://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 14 jun. 2022.

PORTAL SOLAR. **Energia fotovoltaica – Como funciona a energia elétrica solar**. [S. l]: Portal Solar, 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>. Acesso em: 12 jun. 2022.

PORTAL. **Inversores**. [S. l]: Portal Solar, 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/o-inversor-solar.html>. Acesso em: 29 jul. 2022.

SOARES, Paula Meyer *et al.* Avaliação econômica e técnica de um sistema conectado à rede: estudo de caso de condomínio na cidade de Brasília, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 35113-35136, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-159>. Acesso em: 12 jun. 2022.

SOLARVIEW. **Figura 10 e 11 – Media de consumos**. [S. l]: Solar View, 2022. Disponível em: <https://solarview.com.br/> Acesso em: 26 jul. 2022.

SOLLAR. **Transformando raios solares em energia**. [S. l]: Sollar, 2022. Disponível em: <http://minhaenergiasollar.com.br/como-funciona.html>. Acesso em: 26 jul. 2022.

UOL. **Estiagem. Brasil escola, s. d.** Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/geografia/a-crise-energiano-brasil.htm> Acesso em: 25 jul. 2022.