

## **Viabilidade para instalação de energia fotovoltaica “on-grid” em residência: Payback estimado em diversos cenários econômicos**

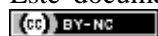
## **Viability for installing on-grid photovoltaic energy at residences: estimated payback in several economic scenarios**

**Lorivaldo Rodrigues Barbosa<sup>1,\*</sup>, Abelino Reis Guimarães Neto<sup>1</sup>, Silvia Helena Bonilla<sup>1</sup>, Rodrigo Franco Gonçalves<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Paulista. Programa de Mestrado e Doutorado de Engenharia de Produção. Rua Dr. Bacelar, 1212. São Paulo-SP, Brasil.

\*Autor de correspondencia: [lorivaldobarbosa@gmail.com](mailto:lorivaldobarbosa@gmail.com)

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



**Recibido:** 24 junio 2021 **Aceptado:** 28 junio 2021 **Publicado:** 2 de julio 2021

### **Resumo**

O emprego de energia fotovoltaica em residências no mundo cresce a cada dia, e se mostra muito promissor num país com grande irradiação solar como o Brasil, ainda mais com a possibilidade de compensar créditos de energia elétrica na distribuidora de energia elétrica (On-Grid). Entretanto, devido aos impostos, o custo se comparado com outros países do mundo é elevado. Constrói-se um modelo de geração-consumo de energia elétrica fotovoltaica On-Grid tomando como referência uma residência de classe média localizada em São Paulo. A partir deste modelo, é analisado, tanto quanto o dimensionamento do sistema para suprir as necessidades de consumo quanto viabilidade econômica e financeira de retorno e investimento necessário. Cinco cenários foram avaliados. Em um cenário os moradores possuem os recursos financeiros para o investimento. Nos outros quatro cenários são necessários financiar o investimento. Observou-se que embora o payback de investimento não é baixo, se aplicações forem feitas durante o financiamento, há uma diminuição do impacto dos juros.

**Palavras chave:** Energia Fotovoltaica, on-grid, célula solar residencial, payback, Objetivos Desenvolvimento Sustentável

### **Abstract**

The use of photovoltaic energy in homes worldwide grows every day and seems to be very promising in countries with great solar radiation such as Brazil, even more with the possibility of offsetting electricity credits in the energy distributor (net metering). However, due to taxes, the cost compared to other countries is high. An On-Grid photovoltaic electric power generation-consumption model is built based on a middle class residence located in São Paulo. It comprises the dimensioning of the photovoltaic system necessary to supply the consumption needs as well as the possibilities of paying for its implementation. Five scenarios were evaluated: one in case the residents have the amount to pay at the moment of the investment, and four other scenarios when it is necessary to ask for a loan to pay for the investment. It was observed that although the investment return (payback) is not low if applications were made during the loan, there is a decrease in the impact of the interest rate.

**Keywords:** Photovoltaic Energy, net metering, residential solar cell, investment return, Sustainable Development Goals

## 1. Introdução

Desde a descoberta do efeito fotovoltaico em 1839, pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, a tecnologia vem passando por várias etapas de evolução, buscando-se o melhor aproveitamento na utilização das células fotovoltaicas [1].

Por causa do crescimento acelerado da população, cada vez se faz mais necessário o emprego de energia elétrica para o desenvolvimento humano. Como consequência do uso de recursos não renováveis para geração de energia elétrica, o impacto ao meio ambiente, especialmente os problemas climáticos que o planeta está sofrendo são de conhecimento público [2]. As soluções para minimizar o impacto e proporcionar um mundo melhor para as novas gerações estão em contínuo desenvolvimento e uma destas alternativas é a utilização de energias renováveis, como: biomassa, hidráulica, eólica e a solar.

No ano de 2015 apresentou-se uma oportunidade histórica e sem precedentes para reunir os países e a população global e decidir sobre uma nova agenda, organizada em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS (Agenda 2030). O ODS 7 lida com energia e tem como meta a Energia Acessível Limpa: assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos. A meta visa aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global [3].

A matriz energética brasileira conta com 82,2% de fontes renováveis e esse percentual vem crescendo. Uma evidência desse aumento é a adoção de energia solar fotovoltaica em geração mini distribuída e micro distribuída [4]. Essa tendência é consequência da diminuição dos valores dos equipamentos e alguns incentivos públicos; mas, mesmo com essas atitudes, o crescimento ainda é pequeno, pois, como a maior parte dos equipamentos é importada, a carga tributária é muito elevada [5].

O País está aplicando políticas na área de sustentabilidade, concedendo créditos para que as empresas e pessoas físicas empreendam em energias sustentáveis.

A Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL, através da Resolução Normativa 482/2012, e posteriormente sendo revisada pela Resolução Normativa 687/2015, regulamentou a geração de micro e mini geração distribuídas, esta resolução veio para complementar o Decreto Lei no 5.163 de 2004, ajudando a definir a estrutura regulatória para a geração distribuída, conectada à uma rede de distribuição conhecida como On-Grid. Com o sistema fotovoltaico On-Grid, surge a figura do prosumidor de energia elétrica, ou seja, o possuidor do sistema é tanto consumidor de energia da rede, quando opera em déficit de geração-consumo; quanto produtor de energia para a rede, injetando o excedente de energia na rede da concessionária quando em superávit de geração-consumo, recebendo em créditos que serão utilizados em até 60 meses.

Este estudo tem como objetivo a identificação dos equipamentos e componentes de um sistema solar fotovoltaico; e analisar a viabilidade econômica e financeira para a implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição On-Grid, para uma residência de classe média, localizada na cidade de São Paulo. Nas possibilidades financeiras, serão avaliados os valores necessários para a instalação do sistema, com a compensação de energia. Outro aspecto do trabalho é demonstrar o tempo de retorno do dinheiro investido no sistema (Payback) e algumas alternativas de financiamento para aqueles que não possuem recursos financeiros disponíveis no momento da implantação.

## 2. Materiais e Métodos

### *Geração fotovoltaica: principais conceitos*

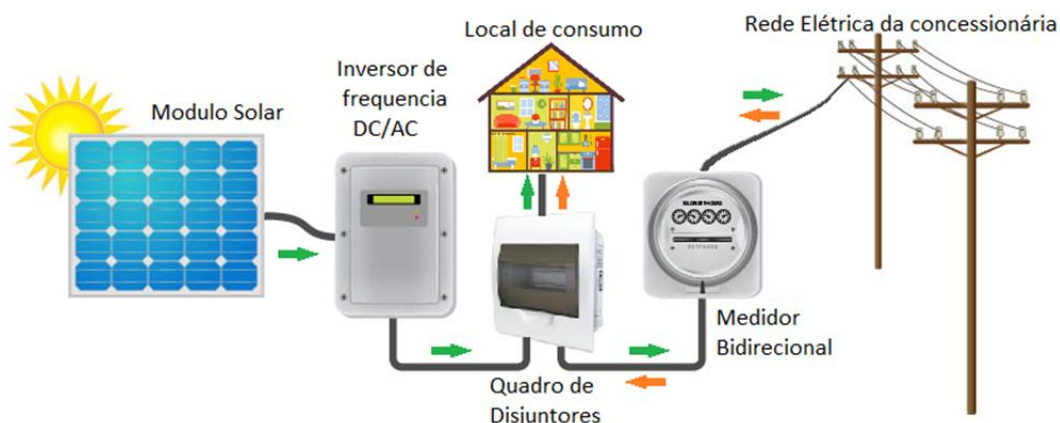
A energia gerada pela luz solar acontece pela captação da luz do sol pelos painéis solares chamados módulos solares fotovoltaicos; processo que recebe o nome de efeito fotovoltaico. A luz é convertida em energia, que por sua vez, é conectada a um aparelho chamado inversor, que faz a conversão de corrente contínua para corrente alternada, para ser conectada à rede elétrica (Sistema On-grid) ou a baterias (Sistema Off-Grid) [6].

O efeito fotovoltaico ocorre quando a luz entra em contato com a célula e um processo químico ocorre no silício, tornando-o condutor, fazendo com que haja a mudança de cargas de elétrons, gerando assim a energia elétrica. Como essa geração de energia é relativamente baixa, várias células são colocadas em série em um arranjo, formando os painéis fotovoltaicos. Essa energia gerada é em corrente contínua (CC), mas os equipamentos elétricos utilizados em residências normalmente consomem energia alternada (CA); por essa razão, é necessário um equipamento que faça a conversão de CC em CA [7].

Os painéis fotovoltaicos possuem em sua estrutura: moldura de alumínio, vidro temperado, película encapsulante (EVA), células fotovoltaicas, fundo protetor e caixa de conexões. Sua função é converter a luz solar em energia elétrica. As células solares são construídas com: silício purificado, lingote de silício e wafer, que fatias de lingote de silício [8].

### *Sistema On-Grid de geração fotovoltaica*

O sistema On-Grid de geração de energia fotovoltaica consiste na interligação do sistema fotovoltaico, conectado diretamente à rede elétrica; e quando a quantidade de geração de energia elétrica produzida pelo sistema ultrapassa o consumo interno, o excedente é redirecionado à unidade distribuidora (Concessionária distribuidora de energia elétrica), o que gera créditos a serem compensados na conta de consumo de energia [9], segundo consta na Resolução Normativa 687/2015 da ANEEL. Para que este sistema seja homologado é necessário a abertura de um projeto na concessionária de energia e apresentado um projeto elétrico, assinado por um engenheiro elétrico que tenha cadastro ativo no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo-CREA-SP. Os componentes utilizados neste sistema são: painéis solares fotovoltaicos, inversor de corrente, quadro de proteção e medidor bidirecional, conforme ilustrado na Fig.1.

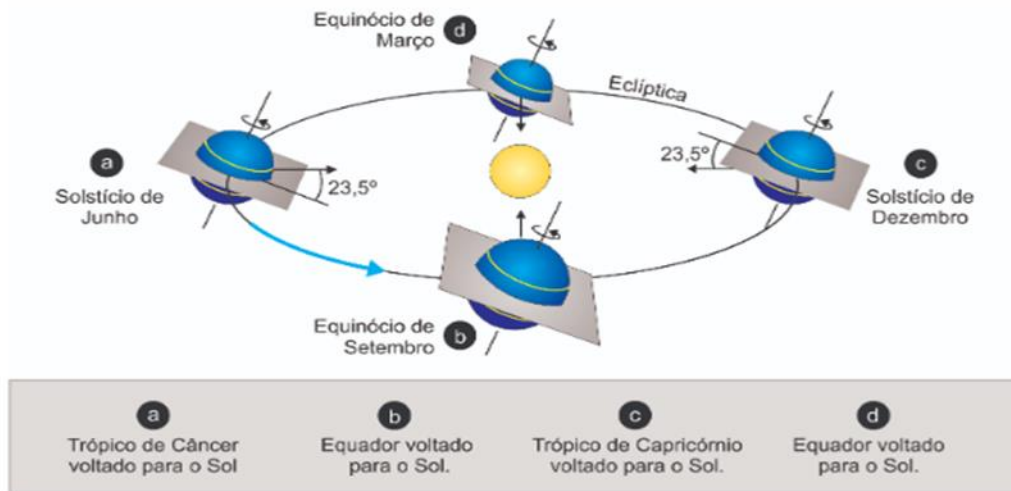


**Fig.1** Sistema GRID TIE

### *Irradiação Solar*

Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o Brasil é um país continental, possui uma grande faixa territorial 8.515.767,049 km<sup>2</sup>, o que faz com que o clima seja muito diferenciado entre as regiões; com isto, a irradiação solar também é muito diferente entre os

estados brasileiros [10]. A irradiação solar é diferente dependendo da estação do ano (Equinócios e Solstícios). O movimento diurno do Sol acontece de Leste para Oeste, e o movimento de rotação do planeta terra é de Oeste para Leste, apresentados na Fig. 2 [11].



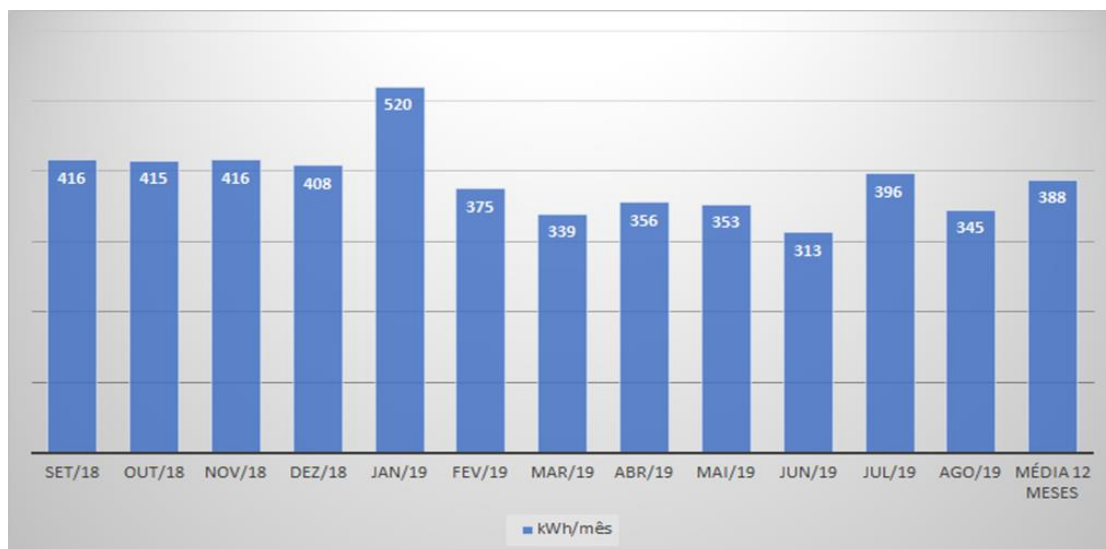
**Fig.2** Estações do ano

O presente estudo utiliza como método a construção de um modelo hipotético de instalação de sistema fotovoltaico On-Grid, considerando valores de consumo e capacidade geradora para uma residência unifamiliar de classe média na cidade de São Paulo; onde cinco cenários financeiros são considerados, e explicados na seção 4.2 - Simulação de Investimento e Retorno.

O procedimento adotado para elaborar o trabalho segue as seguintes etapas:

i) Determinação do consumo anual da residência.

Os dados coletados foram extraídos do consumo médio anual (contas da empresa de distribuição elétrica Enel de setembro de 2018 até agosto de 2019) da residência selecionada, com média de utilização de 388 KWh, exibido na Fig.3.



**Fig.3** Consumo mensal de energia elétrica na residência, no período de um ano

ii) O valor de R\$ 292,00 utilizado para o cálculo do retorno do investimento, foi extraído da conta de consumo de energia elétrica, baseado no consumo de KWh/mês conforme Figura 3; levando em conta a média anual, com os descontos dos valores dos impostos da região escolhida para o estudo.

(tarifas de transmissão e distribuição mais impostos), desconsiderando o valor mínimo cobrado, descrito na Resolução Normativa 414/2010. O valor da conta de energia elétrica cobrado no Brasil, varia de estado para estado, de município para município, e de qual concessionária abastece a região.

A Tabela 1 mostra a relação dos principais equipamentos que consomem energia elétrica, presentes na residência.

**Tabela 1.** Relação dos equipamentos elétricos da residência

<b>Aparelhos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Média Watts (W)</b>
Ar-Condicionado	1	1053
Bebedor de Água	1	90
Chuveiro	2	5500
Geladeira	1	137
Impressora	1	83
Lâmpada LED	18	9,5
Lâmpadas Fluorescentes	8	16
Máquina de Lavar	1	1500
Micro-ondas	1	1250
Notebook	2	65
Roteador	2	254
Televisão	3	110
Torneira	1	5500

iii) Determinação das coordenadas e da irradiação anual. Tendo em conta que as condições locais de irradiação solar influenciam no cálculo de número de painéis necessários; a residência em estudo foi localizada de acordo com suas coordenadas no site do Google Earth (<https://earth.google.com/>), o que resultou em: Latitude: 23.57° S, Longitude: -46.75°. As coordenadas permitem determinar a irradiação mensal por meio do site do CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito).

iv) Determinação do melhor ângulo de inclinação. Para um melhor desempenho e aproveitamento da irradiação nos sistemas de produção de energia solar, os painéis fotovoltaicos precisam ser posicionados com um ângulo de inclinação correto. O site da CRESESB fornece o cálculo do ângulo de inclinação, que será aquele que maximize a média anual de irradiação para esse local. A tabela 2 elege o melhor ângulo anual de 21° Norte para a inclinação dos painéis.

v) Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico. Nesta etapa, é necessário escolher o tipo de painel a ser usado e o valor de potência, levando em consideração o tamanho da área que será instalado. Para dimensionar o sistema; ou seja, calcular o número de painéis; é necessário saber o valor médio de horas diárias de irradiação solar útil; que para a região Sudeste é de 4,71 kWh/m<sup>2</sup> diárias, dado fornecido pelo site da CRESESB, no ano de 2019, conforme Tabela 2.

**Tabela 2.** Cálculo da Irradiação Solar no Plano Inclinado

		Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> ao dia)													
<b>Ângulo</b>	<b>Inclinação</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Média</b>	<b>Delta</b>
<b>Plano Horizontal</b>	0° N	5,25	5,53	4,73	4,21	3,46	3,19	3,29	4,26	4,26	4,77	5,19	5,77	4,49	2,57
<b>Ângulo igual a latitude</b>	24° N	4,74	5,27	4,86	4,78	4,29	4,17	4,19	5,07	4,53	4,65	4,76	5,11	4,70	1,10
<b>Maior média anual</b>	21° N	4,83	5,33	4,88	4,74	4,21	4,07	4,10	5,00	4,53	4,70	4,84	5,23	4,71	1,26
<b>Maior mínimo mensal</b>	33° N	4,43	5,00	4,75	4,83	4,46	4,39	4,39	5,20	4,49	4,47	4,46	4,73	4,63	0,82



Existem perdas esperadas em relação ao sistema, que são decorrentes de vários fatores e devem ser extraídas do rendimento [12]. O sistema fotovoltaico tem a eficiência média usada para cálculo de 80%, A Tabela 3 mostra um resumo adaptado pelos autores, dos 20% das perdas mencionadas.

**Tabela 3.** Tipos de perdas no sistema fotovoltaico

Tipo de perda	Descrição	Variável de perda	Considerar
<b>Perdas de temperatura</b>	Ocorrem geralmente nos painéis, devido ao aquecimento.	7-18%	10,5%
<b>Incompatibilidade elétrica</b>	Ocorre quando as placas estão conectadas em série ou paralelo.	1-2%	1,5%
<b>Acúmulo de Sujeira</b>	Falta de limpeza.	1-8%	2%
<b>Cabos CC</b>	Cabos depois dos painéis fotovoltaicos, a perda é devido ao efeito joule.	0,5-1%	1%
<b>Cabos CA</b>	Cabos depois do inversor, a perda é devido ao efeito joule.	0,5-1%	1%
<b>Inversor</b>	Perda no processo de conversão de corrente contínua em corrente alternada.	2,5-5%	4%

v) Equação para encontrar a quantidade de painéis:

$$\text{Potência necessária dos Painéis} = \frac{\text{Consumo diário da residência}}{\text{Tempo Diário de Exposição ao Sol}} \quad (1)$$

O rendimento do sistema é calculado com as possíveis perdas, de acordo com a Tabela 3. Na fórmula é considerado apenas o rendimento efetivo.

$$\text{Potência necessária dos Painéis} = \frac{\text{Consumo diário da residência}}{\text{Tempo Diário de Exposição ao Sol} \times \text{Rendimento}} \quad (2)$$

Tendo definido o modelo de placa fotovoltaica com potência de 325 W, a fórmula para descobrir a quantidade de painéis necessários para suprir a necessidade energética da residência é:

$$\text{Quantidade de Painéis} = \frac{\text{Potência necessária dos Painéis}}{\text{Potência do Painel Escolhido}} \quad (3)$$

vi) Cálculo do investimento. O investimento inclui a compra de equipamentos e componentes necessários para a instalação do sistema fotovoltaico, bem como a homologação e a mão de obra de montagem.

vii) Cenários. A primeira situação ocorre, quando a quantia do investimento se encontra disponível. No Cenário 1, a quantia referente ao custo é paga no momento da implantação. A segunda situação ocorre, quando não se possui a quantia para o pagamento. Nesse caso, avaliam-se 4 cenários. A Tabela 4 resume todos os cenários considerados e os cálculos efetuados.

viii) Cálculo do payback. O payback é calculado para os cenários mencionados. Os dados necessários são extraídos de fontes especializadas em finanças consultadas em 2019 e serão citadas, quando usadas na seção de Resultados e discussão.

**Tabela 4.** Cenários considerados, descrição e tipo de cálculos efetuados

Cenário	Descrição	Cálculo
#1	Quantia disponível: quantia total é paga na implantação	Payback (N meses)
#2	Quantia não disponível: Financiamento da quantia total e uso da economia mensal para pagar	Payback do pagamento do financiamento
#3	Quantia não disponível: Financiamento da quantia total e aplicação em poupança da economia mensal	Quantia após aplicação por N meses
#4	Quantia não disponível: Financiamento da quantia total e aplicação em bolsa da economia mensal	Quantia após aplicação por N meses
#5	Quantia não disponível: Financiamento da quantia total e aplicação em tesouro	Quantia após aplicação por N meses

### 3. Resultados e Discussão

#### *Dimensionamento e custo do sistema fotovoltaico*

O local escolhido para o estudo segundo a longitude e a latitude, possui a média de 4,71 de irradiação solar diária.

Para chegar no resultado de quantas placas serão utilizadas as variáveis:

Consumo Médio Mensal = 388 kWh/Mês (Conta de Luz)

Tipo de Ligação: Residencial, Bifásica (Consumo Mínimo: 50 kWh/Mês)

Energia de Geração = Consumo Médio Mensal - Consumo Mínimo

Energia de Geração = 388 – 50 kWh/Mês

Consumo diário: 388 / 30 = 11,27 kWh/Dia

Tempo Diário de Exposição ao Sol (CRESESB = 4,71 h/Dia

Rendimento do sistema. = 0,80 (Eficiência do sistema é de 80% (100% - 20% de possíveis perdas).

*Aplicação das fórmula 1, 2 e 3*

$$\text{Potência necessária dos Painéis} = \frac{11,27 \text{ kWh dia}}{4,71 \text{ kWh dia}}$$

$$\text{Potência necessária dos Painéis} = \frac{11,27 \text{ kWh dia}}{4,71 \text{ kWh dia} \times 0,80} = 2,99 \text{ kWp}$$

O valor de 2,99 kWp representam a potência máxima que as placas fotovoltaicas devem fornecer para o inversor.

O painel escolhido para compor o sistema tem a potência de 325 Watts.

$$\text{Quantidade de Painéis} = \frac{2,99 \text{ kW}}{325 \text{ W}} = \frac{2.990 \text{ W}}{325 \text{ W}} = 9,2 \text{ painéis}$$

O resultado obtido foi de 9,2 painéis, foi adotado o total de 10 painéis para compor o projeto.

Existem vários tipos de equipamentos e componentes que compõe os sistemas solares fotovoltaicos, fazendo com que os preços sejam diferentes; como o objetivo do artigo não é fazer a comparação entre sistemas, foram utilizados os equipamentos e componentes; os preços foram obtidos no site Minha Casa Solar (<https://www.minhacasasolar.com.br/>), conforme especificações e quantidades contidas na Tabela 5.

**Tabela 5.** Equipamentos e componentes do sistema solar fotovoltaico

Equipamentos/Componentes	Descrição	Quantidade
Módulo	Painel Solar 325 W Canadian Solar – CS6U-325P	10
Inversor	Inversor Grid-Tie 3.0 KW Ingeteam sem Monitoramento-Sun 3TLM	1
Stringbox Inversor	Stringbox Inversor	1
Conector	Conector MC4 6 mm <sup>2</sup>	4
Cabo	Cabo solar CC 6 mm PT	26m
Estrutura	Kit para montagem do sistema (telha cerâmica)	6

A Tabela 6 mostra o orçamento dos serviços de montagem dos equipamentos, homologação e kit de instalação do sistema fotovoltaico, totalizando R\$ 18.480,00.

**Tabela 6.** Orçamento total do sistema fotovoltaico instalado

<b>Serviço</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valor</b>
Montagem*	Montagem do Sistema Fotovoltaico	3.950,00
Homologação*	Homologação do sistema junto a Distribuidora	1.580,00
Kit de instalação**	Kit completo para montagem do sistema	12.950,00

\* Existe uma variação nos valores praticados no mercado de instalação do sistema fotovoltaico, o escolhido para o artigo foi o que se baseia no percentual do valor total dos materiais utilizados no projeto.

\*\* O valor referente ao Kit de instalação foi obtido através do site da Minha Casa Solar; os detalhes dos produtos estão contidos na tabela 5.

Os custos referentes à adequação do sistema elétrico da residência são de responsabilidade do consumidor; conforme os artigos 8º, 9º e 10º da REN 482/2012 e atualizada na REN 687/2015; e estão contidos no item montagem da Tabela 6.

O item homologação contempla a parte da legalização entre o prosumidor e a distribuidora de energia elétrica, tendo como intermediador o engenheiro elétrico responsável pelo projeto.

Todo o projeto de instalação, homologação e manutenção devem seguir as especificações das Normas Brasileiras.

#### *Simulação de Investimento e Retorno*

Abaixo serão demonstrados 5 cenários, os quais apontam como a economia obtida (na diminuição de custos oriundas da captação de energia solar) podem dinamizar os resultados financeiros domésticos.

O primeiro cenário ocorre quando o dinheiro do investimento se encontra disponível. A Tabela 6 mostra o cálculo do Payback, uma ferramenta financeira que, apesar de simples, responde com exatidão o tempo de retorno [13]. O Payback consiste em uma análise financeira, onde o valor do investimento é dividido pela economia gerada, geralmente utilizando o mês como parâmetro do período.

Cenário 1: o valor do investimento é aproximadamente de R\$ 18.500,00 e, dentro da análise apresentada, a economia mensal aproxima-se ao valor de R\$ 292,00. Logo, dividindo 18.500 por 292,00, encontra-se o valor de 63,36 meses, ou 5,28 anos.

Nos próximos cenários serão abordadas situações em que o usuário não possui a quantia requerida disponível. Analisa-se qual seria o impacto da aquisição de um financiamento.

Cenário 2: a taxa utilizada para calcular o financiamento foi extraída do site oficial do Banco do Brasil, onde duas taxas são apresentadas, cada qual para um tipo específico de financiamento; portanto, adotou-se a média (2,99% e 6,5%), o valor de 4,53% ao mês; o período foi calculado com 63 meses, devido ao pagamento das parcelas serem mensais. Na Tabela 6, pode ser observado que, ao aplicar a economia obtida com a utilização de energia solar, há uma sensível diminuição dos juros pagos. Dado o valor do financiamento de R\$ 56.508,18, o qual foi calculado no mesmo período do Payback, uma parte é o valor adquirido (R\$18.500,00) e a outra parte são juros, ou seja, o custo do capital no valor de R\$ 38.008,18, o qual na verdade é a diferença entre o capital solicitado e capital pago. A Tabela 7 apresenta a comparação entre esses juros e total acumulado pela economia obtida.

Cenário 3: corresponde à aplicação na poupança, considera a taxa de investimento no valor de 0,3723%, o qual é um valor médio entre os valores: 0,2446 e 0,5, ambos extraídos do site oficial do Banco Central do Brasil. Observa-se uma diminuição de impacto de 54,78%, ou seja, o acumulado pode arcar com esse percentual de juros, restando de excedente o valor de R\$ 17.187,66.



Cenário 4: aplicação na Bolsa de Valores, representa a compra de ações em Bolsa de Valores, utiliza-se como base os valores apresentados pelo site de Economia do Universo Online, o qual apresenta que um dos principais indicadores da Bolsa, o Ibovespa [14], teve acréscimos na margem de 31,6%. Dado que esse indicador é o reflexo da oscilação entre diversos outros papeis, adota-se como base o valor de 15% ao ano (aproximadamente sua metade), taxa que, ao ser convertida para o período mensal, terá o valor de 1,1715% ao mês. Observa-se que seria capaz de custear 71,58%, restando o excedente de R\$ 10.801,05 para serem quitados.

Cenário 5: aplicação no Tesouro Direto, extrai-se a taxa a partir da simulação que melhor representa a conjuntura e obteve-se o valor de 0,4465% ao mês. É possível fazer essa simulação no site oficial do Tesouro Direto (<https://www.tesourodireto.com.br>) [15]. Nesse cenário, a aplicação custearia com 56,11%, restando o valor de R\$ 16.680,68, de excedente, para a conclusão do pagamento. Pode-se ainda verificar que a própria economia gerada é capaz de custear com 32,74% da parcela, dado que esta representa o valor de R\$ 891,91, a economia R\$ 292,00, restando para quitação de cada parcela o valor de R\$ 599,91.

**Tabela 7.** Diminuição do impacto dos juros com o resultado das Aplicações

Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4		Cenário 5	
Valor	18.500,00	Financiamiento	18.500,00	Poupança	0	Renda Variável	0	Tesouro Direto	0
Economia	292,00	Taxa	0,04530	Aporte mensal	292,00	Aporte mensal	292,00	Aporte mensal	292,00
Payback (mês)	63,36	Prestações	63	Taxa / mês	0,3723%	Taxa / mês	1,1715%	Taxa / mês	0,4465%
Payback (ano)	5,28	Valor Prestações	-891,91	Período	63,36	Período	63,36	Período	63,36
		Valor Total	-56.508,18	Valor Futuro	20.820,52	Valor Futuro	27.207,13	Valor Futuro	21.327,50
		Desconto	18.500,00	Retorno %	12,54%	Retorno %	47,07%	Retorno %	15,28%
		Total	38.008,18						
		Payback (mês)	130,16	<b>Comparativo</b>		<b>Comparativo</b>		<b>Comparativo</b>	
		Payback (ano)	10,85	Gasto	38.008,18	Gasto	38.008,18	Gasto	38.008,18
				Resultado	-17.187,66	Resultado	-10.801,05	Resultado	-16.680,68
				Retorno %	54,78 %	Retorno %	71,58 %	Retorno %	56,11 %

## 4. Conclusão

O mercado de energia solar fotovoltaica brasileiro vem crescendo muito nos últimos anos; tornando o mercado atrativo e competitivo; fazendo com que empresas nacionais e estrangeiras invistam no mercado e tragam novas tecnologias, tornando os preços mais competitivos e acessíveis. Há por parte dos governos estaduais e federais a criação e implementação de novos incentivos, possibilitando ao setor uma grande expansão. O estudo utilizou o equipamento inversor tradicional; e durante a pesquisa surgiu a oportunidade de utilizar o equipamento micro inversor, que possibilitaria a instalação do sistema fotovoltaico On-Grid de forma gradativa, tornando a aquisição mais acessível; porém o custo final do projeto seria maior. Na maioria das instalações de sistemas em residências, não é possível realizar a instalação com o plano inclinado para o Norte, o que proporcionaria o melhor rendimento do sistema; com isto a maioria dos simuladores que calculam a quantidade de painéis solares, propõem uma quantia maior de painéis para compensar a perda de rendimento na geração de energia elétrica pela inclinação incorreta do sistema. O estudo proporcionou a identificação dos diferentes tipos de sistemas solar fotovoltaicos, os modelos e características técnicas dos equipamentos que compõe estes sistemas, bem como o dimensionamento completo de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição de energia, que seria hipoteticamente instalado em uma residência. O retorno do investimento inicial de R\$ 18.500,00, demonstrou-se promissor, principalmente quando se tem o montante necessário para o investimento. Quando não há disponibilidade do dinheiro, é possível diminuir o impacto dos juros, com o resultado das aplicações financeiras. A relevância das economias obtidas com a implantação do equipamento de captação de energia solar (R\$ 292,00) é tão expressiva que em todos os cenários propostos, quando investidas no período de PayBack de 63 meses, superam a casa de 54% do custo com o investimento.

## Referências

1. Villalva, M.G., *Energia Solar Fotovoltaica-Conceitos e Aplicações*, 2015. Brasil: Editora Érica: Brasil. ISBN: 978-8536514895.
2. Avtar R, Tripathi S, Aggarwal AK, Kumar P., *Population-Urbanization-Energy Nexus: A Review*. Resources, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources8030136>.
3. Souza, L., *Energia e Sustentabilidade Humana: Impacto das metas do ODS 7 no Brasil*, 2020. Available at: <http://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9628/2020.v6i1.6486>.
4. Krell, A.J., Souza, C.B.C., *A sustentabilidade da matriz energética brasileira: o marco regulatório das energias renováveis e o princípio do desenvolvimento sustentável*. Revista de Direito Econômico e Socioambiental, 2020. **11**(2): p. 157-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v11i2.26872>.
5. Barbosa, L.R., Santos, H.A., Bueno, R.E., Bonilla, S.H., *Geração de Energia Elétrica Fotovoltaica Conectada à Rede: Cenário Político e Econômico no Brasil*. XXVI SEMPEP Desafios da Engenharia de Produção no Contexto Indústria 4.0. Bauru, 2019. e717. ISSN: 1809-7189.
6. Boso, A.C.M.R., Gabriel, C.P.C., Filho, L.R.A.G., *Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid no Brasil*. Revista Científica ANAP Brasil, 2015. **8**(12): DOI: <http://doi.org/10.17271/1984324081220151138>.
7. Casaro, M.M., Martins, D.C., *Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica*, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-17592010000200005>.
8. Ferreira, A.S., Fenato, A.J., *Potencial Impacto Ambiental Fotovoltaica*. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 2017. **1**: p. 228-242.
9. Zilles, R., Macêdo, W.N., Galhardo, M.A.B., Oliveira, S.H.F., *Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica*, 2016. Editora Oficina de Textos. ISBN: 978-8579752353.
10. Gómez, J.M., *A irradiância solar: conceitos básicos*, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0342>.
11. Oliveira, K.S., Saraiva, M.F.O., *Astronomia e astrofísica*, 2017. Editora Editora Livraria da Física: Brasis. ISBN: 978-8578614850.
12. The German Energy Society (DGS), *Planning and Installing Photovoltaic Systems-A Guide for Installers, Architects and Engineers*, 2013. Earthscan. ISBN: 978-1849713436.
13. Boyle, G., Guthrie, G., *Payback Without Apology*. Accounting and Finance, 2006. **46**(1): p. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-629X.2006.00158.x>.
14. Mota, B.S., Fernandes, M., *Desempenho de estimadores de volatilidade na Bolsa de Valores de São Paulo*, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-71402004000300006>.
15. Perlin, M.A., *Microestrutura do Tesouro Direto: Sazonalidade do Fluxo de Ordens e o Processo de Formação de Spreads*. Economia Aplicada, 2016. **20**(3): p. 253-272. DOI: <https://doi.org/10.11606/1413-8050/ea140191>.

## Conflito de Interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesses.

## Contribuição dos autores

**Lorivaldo Rodrigues Barbosa.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0464-4471>.

Elaboração da ideia do artigo, pesquisa e revisão do estado da arte, coleta e processamento dos dados, análise e interpretação dos dados para elaboração dos resultados, discussão e redação do artigo.

**Abelino Reis Guimarães Neto.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4003-5358>.

Participou da criação dos cálculos, da análise financeira, e do retorno, auxiliou na elaboração dos resultados e discussão.

**Silvia Helena Bonilla.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1063-9513>.

Elaboração da ideia do artigo, revisão do estado da arte, supervisão do andamento do artigo, análise dos resultados, discussão e revisão crítica do conteúdo, auxiliou na elaboração dos resultados.

**Rodrigo Franco Gonçalves.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2206-3136>.

Participou da análise dos resultados, discussão e revisão crítica do conteúdo.