



ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP

COST/BENEFIT ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN A RESIDENCE IN THE CITY OF JABOTICABAL-SP

ANÁLISIS DEL COSTE/BENEFICIO DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA RESIDENCIA DE LA CIUDAD DE JABOTICABAL-SP

Stefany Santos Guimarães¹, Carlos Francisco Minari Junior², Fabiana Florian³

e3112174

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i11.2174>

PUBLICADO: 11/2022

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a análise de investimento da implantação do sistema fotovoltaico *on-grid* em uma residência localizada no município de Jaboticabal – SP, a fim de mostrar como o aumento da demanda por captação de energia solar em residências no Brasil auxilia na redução de gás carbônico na atmosfera. O trabalho é iniciado apresentando um breve levantamento de dados sobre o sistema fotovoltaico bem como a exposição dos dados da análise do custo-benefício da implantação do sistema fotovoltaico *on-grid* seguido de uma revisão bibliográfica que aborda os principais tópicos do tema. Por fim, a partir do projeto apresentado, foram obtidos dados de análise da relação custo x benefício do retorno que o investimento trará para a residência bem como dados estimados que permitem a execução do mesmo devido sua redução dos gastos de energia elétrica. Isto posto, conclui-se que a execução do projeto é viável pois sua atuação permite que ocorra uma redução considerável dos gastos de energia elétrica além de proporcionar um tempo de retorno abaixo da média esperada no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Custo-benefício. Energia elétrica. Energia solar. Sistema fotovoltaico.

ABSTRACT

The present work has as objective to present the investment analysis of the implantation of the on-grid photovoltaic system in a residence located in the city of Jaboticabal - SP, in order to show how the increase of the demand for capturing solar energy in residences in Brazil assists in the reduction of carbon dioxide in the atmosphere. The work begins by presenting a brief survey of data on the photovoltaic system as well as the exposure of data from the cost-benefit analysis of the implementation of the on-grid photovoltaic system followed by a literature review that covers the main topics of the theme. Finally, from the presented project, data of the analysis of the cost x benefit relation of the return that the investment will bring to the residence as well as estimated data that allow the execution of the same due to its reduction of electric energy expenses were obtained. That said, it is concluded that the execution of the project is feasible because its performance allows for a considerable reduction in electricity costs as well as providing a payback time below the average expected in Brazil.

KEYWORDS: Cost benefit. Electrical energy. Solar energy. Photovoltaic system.

¹ Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica pela Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP.

² Graduação em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Civil de Araraquara, especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, especialização - MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas, Mestrado na área de Construção Civil pela Universidade Federal de São Carlos. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São Carlos. Engenheiro de Segurança na Gestão da Segurança do Trabalho em Canteiros de Obras. Docente na Unidade Senac nas áreas da Segurança do Trabalho, Administração e Gestão de Negócios. Docente na Universidade de Araraquara (UNIARA), nos cursos de Engenharia Civil, Engenharia Elétrica e Arquitetura.

³ Docente nas disciplinas de gestão ambiental, economia & administração, metodologia científica, trabalho de conclusão de curso (TCC) e na coordenação de TCC. Doutora em alimento e nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (FCFA) de Araraquara pela “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade de Araraquara – UNIARA. Graduação em Economia pela Universidade de Araraquara (UNIARA). Graduanda em Direito pela Universidade de Araraquara (UNIARA).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo presentar el análisis de la inversión de la implantación del sistema fotovoltaico en red en una residencia ubicada en la ciudad de Jaboticabal - SP, con el fin de mostrar cómo el aumento de la demanda de captación de energía solar en las residencias en Brasil ayuda a la reducción del gas carbónico en la atmósfera. El trabajo se inicia presentando un breve relevamiento de datos sobre el sistema fotovoltaico así como la exposición de los datos del análisis del costo-beneficio de la implantación del sistema fotovoltaico en red seguido de una revisión bibliográfica que aborda los principales temas del tema. Finalmente, a partir del proyecto presentado, se obtuvieron datos de análisis de la relación costo x beneficio del retorno que traerá la inversión a la residencia así como datos estimados que permiten la ejecución de la misma debido a su reducción de los gastos de energía eléctrica. Dicho esto, se concluye que la ejecución del proyecto es viable porque su desempeño permite una reducción considerable de los gastos de energía eléctrica además de proporcionar un tiempo de retorno por debajo del promedio esperado en Brasil.

PALABRAS CLAVE: Coste-beneficio. Energía eléctrica. La energía solar. Sistema fotovoltaico.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a maior fonte de energia produzida é a energia elétrica. Com o avanço da procura por fontes de energias econômicas e sustentáveis, tem-se um aumento de demanda de captação de energia solar em residências no Brasil (SILVA, 2015).

A célula solar, também chamada de célula fotovoltaica, é um dispositivo elétrico capaz de transformar a energia solar em energia elétrica fazendo uso do efeito fotovoltaico, de modo geral, são usadas em torno de 30, 60 ou 72 células solares que, em linha, formam um painel fotovoltaico ou o também conhecido módulo fotovoltaico. Nas residências são usadas placas solares de 250 W em aplicações maiores (FREITAS; MIRANDA, 2016).

Na sistematização interligada as placas fotovoltaicas conseguem absorver os raios solares a fim de os transformar em energia elétrica, essa ação só é possível através do inversor solar, aparato instalado com a finalidade de transformar esta energia de corrente contínua em energia em corrente alternada, assim, a envia ao quadro de força, distribuindo a energia pela casa (PORTAL SOLAR, 2022)

O artigo tem como objetivo fazer uma análise do custo e benefício da implantação do sistema fotovoltaico em uma residência no município de Jaboticabal – SP.

A maioria das pessoas não adquire o sistema fotovoltaico em função de ser um valor ainda considerado de custo elevado, “os ganhos econômicos obtidos com um sistema fotovoltaico em relação ao convencional estão na redução da conta de luz em até 95% e no ROI (retorno sobre investimento), que varia de acordo com o consumo” (LAGRIMANTE *et.al*, 2018, p. 4).

Para este estudo, foi realizada pesquisa bibliográfica, fundamentada no sistema fotovoltaico (benefícios, custos, vantagens e desvantagens da implantação dessa geração de energia) e foi realizado um estudo em uma residência no município de Jaboticabal-SP em que o proprietário optou por mudar o sistema elétrico convencional para o fotovoltaico. Para a implantação dos painéis fotovoltaicos na residência foram utilizados: 10 painéis solares, 2 inversores solares, 8 estruturas de fixação telhado cerâmico, 1 *stringbox*, cabos e conectores.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os primeiros dispositivos denominados como células solares ou células fotovoltaicas eram fabricados em selênio, foram desenvolvidos por C. E. Frits, em 1883. Em 1950, nos Estados Unidos, foram fabricadas as primeiras células fotovoltaicas, produzidas a partir de lâminas de silício cristalino, atingindo uma eficiência na conversão de energia solar em elétrica, o que é relativamente alta para a época, ou seja, 6%, com potência de 5 mW e área de 2cm² (PINHO; GALDINO, 2014).

Nos últimos 60 anos foram desenvolvidas várias tecnologias no que tange a fabricação de células fotovoltaicas, sendo as células fotovoltaicas fabricadas a partir de lâminas de silício cristalino (monocristalino e policristalino), sendo elas as mais procuradas no mercado mundial (PINHO; GALDINO, 2014).

Este modelo atual de painel fotovoltaico apresenta, em sua estrutura, uma tecnologia antiga, onde a eficiência do silício monocristalino gira em torno de 14 a 21% no que tange questões comerciais, levando em consideração os policristalinos. Os painéis solares de silício monocristalinos (mono-Si) são de fácil reconhecimento, uma vez que apresentam cor uniforme - normalmente azul escuro - o que indica a presença de silício de alta pureza, além de possuir cantos tipicamente arredondados. Os painéis são produzidos a partir de um único cristal de silício ultrapuro, que, em sua estrutura cristalina, apresenta uma organização molecular homogênea, apresentando assim uma característica brilhante e uniforme (SILVA, 2016).

No policristalino, os cristais de silício são fundidos em um bloco, assim sendo, os múltiplos cristais formados a partir desse processo são preservados. Os blocos são cerrados em formato quadrangular e fatiados em células, assim como os monocristalinos, ao cortar o bloco, torna-se possível observar a formação de múltiplos cristais, que possuem aparência heterogênea e, normalmente, cor azul, entretanto, essa cor pode diferir em função do tratamento antirreflexivo utilizado. Além disso, pode-se observar algumas manchas em sua coloração, isso se deve ao tipo de silício empregado. A eficiência gira em torno de 13 a 17%, devido à baixa pureza do silício policristalino, que é menor se comparado ao monocristalino, que apresenta uma produção considerada mais fácil, uma vez que a fidelidade com o grau de pureza não é exigida (SILVA, 2016).

As células fotovoltaicas são associadas e encapsuladas a fim de formar um módulo fotovoltaico. O módulo anteriormente citado pode ser composto por um conjunto de 36 a 216 células fotovoltaicas ligadas em série e/ou paralelo. Tal ligação depende da tensão, corrente e potência (parâmetros elétricos) adequados a finalidade a que o módulo é destinado. As células são soldadas em tiras, através de uma soldagem feita com o intermédio da iluminação com lâmpadas halógenas ou até mesmo radiação a laser. Após soldadas, as células são encapsuladas para serem protegidas contra intempéries a fim de proporcionar maior resistência mecânica ao módulo fotovoltaico (PINHO; GALDINO, 2014).

Segundo Pinho e Galdino (2014), o encapsulamento é composto por uma espécie de sanduíche de vidro temperado, acetato de etil vinila estabilizado para a radiação ultravioleta, células



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

fotovoltaicas, e por fim, um filme posterior isolante. O filme isolante é uma junção de polímeros, como por exemplo, o fluoreto de polivinila, o tereftalato de polietileno, dentre outros. O processo de laminação é feito em temperaturas de 120° a 150°; assim, o EVA, do inglês *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA – etileno acetato de vinila) torna-se líquido e as bolhas de ar que são geradas acabam sendo eliminadas. O próximo passo consiste na realização da cura do EVA, proporcionando uma maior durabilidade para o módulo fotovoltaico. Após este processo, uma moldura de alumínio anodizado é colocada em uma caixa de conexões elétricas, assim, o módulo fotovoltaico é finalizado.

Atualmente, são operados dois tipos de sistematização fotovoltaica para armazenamento de energia excessiva: o *off-grid*, que depende das baterias para fazer a armazenagem; e o *on-grid*, que é dependente da rede de distribuição elétrica, sendo também o mais utilizado nas residências.

No sistema *off-grid*, conforme ilustrado na figura 1, “o sistema de armazenamento de energia deve funcionar continuamente em ciclos de carga e descarga, de intensidade e duração variáveis em função da intermitência da geração de energia e dos diversos tipos de consumo” (COPETTI; MACAGNAN, 2007, p. 3).

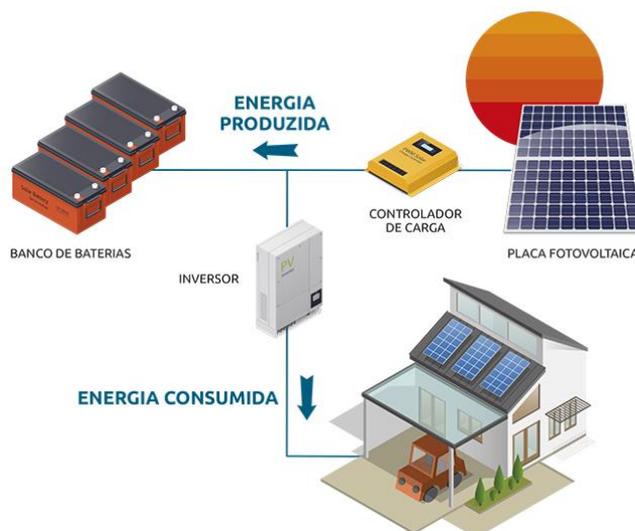


Figura 1: Diagrama elétrico fotovoltaico sistema off-grid

Fonte: BMC, 2017

No sistema *on-grid*, pode-se inferir, segundo Almeida (2012), que ele possui uma potência unidirecional de fluxo, seguido da transmissão e finalizando na distribuição onde há um maior número de cargas, assim como demonstrado na figura 2.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

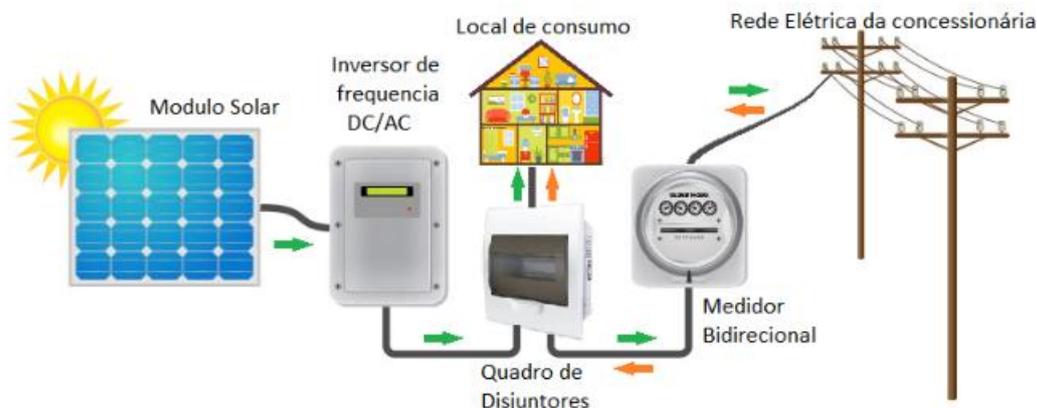


Figura 2: Diagrama elétrico fotovoltaico sistema *on-grid*

Fonte: BMC, 2017

No Brasil, a tecnologia é totalmente inovadora, uma vez que a regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi aprovada no final do ano de 2012. Com isso, a tributação é reduzida no que tange a importação dos materiais componentes do sistema, ajudando a diminuir o custo. Segundo as diretrizes do Convenio ICMS 16/2005, de autoria do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), 24 estados juntos do Distrito Federal possuem isenção do Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) para pessoas que possuem um sistema de energia solar em casa (micro ou minigeração). Ademais, muitas cidades oferecem incentivos fiscais para os usuários de micro ou minigeração fotovoltaicos, fornecendo descontos no Imposto de Transmissão de Bens Imóveis (ITBI), Imposto sobre Serviços (ISS) e até 20% de desconto no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) (COSTA *et al.*, 2020).

Segundo Casaro e Martins (2010), o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um grande sistema hidrotérmico, dominado por usinas hidrelétricas, que respondem cerca de 80% da geração de eletricidade do país. Por ser um território de clima tropical e com radiação solar durante boa parte do ano, o Brasil é um país que possui uma ótima fonte de produção de energia por meio da luz solar.

O sistema de energia solar que é integrado às edificações urbanas e também conectado à rede acaba por oferecer múltiplas vantagens para o sistema, como por exemplo, a redução de custos, redução de investimentos em linhas de transmissão e também distribuição, além do baixo impacto ambiental e a rápida instalação, bem como a não exigência de área física (COSTA *et al.*, 2020).

Observa-se que no cenário da pandemia mundial as pessoas em isolamento, usavam eletricidade consideravelmente (TV, computadores, ventiladores, ar-condicionado). Segundo a (EPE) Empresa de Pesquisa Energética (2022) o consumo de energia, comparado ao ano de 2020, teve um



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

aumento de 5,2% no ano de 2021, contudo, a busca pela eletricidade através de energia limpa, a qual contribui para a preservação do meio ambiente, cresceu.

O Brasil ocupou o 4º lugar no crescimento da capacidade solar fotovoltaica com 5,7 GW a mais, totalizando 13,6 GW no ano de 2021, subindo uma posição no ranking mundial, tornando-se o 13º país com maior capacidade instalada da tecnologia fotovoltaica e evitando cerca de 20,8 milhões de toneladas de emissão de gás carbono (CO₂) na geração de energia. (FILIPPE, 2022). Com isso, a utilização de placas solares é um meio alternativo de energia renovável, além do baixo custo mensal na conta de luz. Segundo Piquini (2019), os pagamentos de eletricidade podem ser reduzidos na fatura junto da possibilidade de gerar créditos, podendo apresentar descontos monetários nas decorrentes faturas, caso haja a produção de energia maior que a consumida. Um exemplo disso é o inverno, quando a incidência de radiação solar é menor, têm-se uma redução na produção de energia fotovoltaica que será compensada no período do verão, onde a produtividade é elevada.

Entretanto, essa fonte de energia é vista como uma forma de investimento, já que seu custo de instalação e aquisição é comercializado por valores exorbitantes. O mercado internacional apresenta custos que variam de US\$ 8 / Wp a US\$ 10 / Wp para o consumidor final, no qual Wp (Watt Pico) é a potência máxima atingida por um painel. No Brasil, o *Watt Pico* é calculado em R\$ 10 / Wp,8, logo, um sistema de 1 KWp instalado, custaria, em média, R\$ 10.000,00 (MACHADO; MIRANDA, 2015).

Segundo Machado e Miranda (2015), no Brasil, o retorno médio para este tipo de investimento é calculado entre 6 e 10 anos, o que não necessariamente é algo ruim, visto que a parte com custos mais elevados do sistema – módulos fotovoltaicos – apresenta, atualmente, uma garantia de 25 anos.

3 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DO SISTEMA *ON-GRID* EM UMA RESIDÊNCIA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP

O local da implantação do sistema fotovoltaico é uma residência localizada no bairro Jardim São Marcos I no município de Jaboticabal, interior do Estado de São Paulo, Brasil. O local da pesquisa possui uma região característica livre de sombras. A residência possui rede bifásica 127/220 V, com uma área de 30 m² disponível para instalação dos painéis fotovoltaicos com orientação para o norte. A tabela 1 apresenta dados mensais (janeiro a dezembro) da conta de energia elétrica referente ao ano de 2020, bem como o consumo energético gerado.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

Tabela1: Dados da conta de energia elétrica no ano de 2020

Mês	KWh	Preço
Janeiro	395	R\$ 325,26
Fevereiro	320	R\$ 252,07
Março	373	R\$ 283,40
Abril	498	R\$ 386,03
Mai	397	R\$ 308,40
Junho	347	R\$ 269,29
Julho	266	R\$ 218,47
Agosto	262	R\$ 216,39
Setembro	477	R\$ 383,82
Outubro	722	R\$ 579,11
Novembro	460	R\$ 372,60
Dezembro	533	R\$ 469,41
Média	420,83	R\$ 338,69

Fonte: CPFL, 2022

O consumo médio mensal no ano de 2020 foi de 420,83 KWh/mês, entretanto, a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), concessionária de energia do estado, possui uma taxa de consumo mínima de 50 KWh, o qual foi descontado e conseqüentemente dividido por 30 dias obtendo-se um novo valor de 12,4 KWh/dia, esse valor foi referência para calcular a quantidade de módulos fotovoltaicos necessários para a residência.

Foi utilizada a SunData ferramenta disponível no *site* do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB), responsável pelo cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional servindo como apoio para a instalação dos módulos fotovoltaicos. Foi possível utilizar o banco de dados disponibilizados conforme Figura 3. Esse banco de dados apresenta a oscilação de irradiação solar de janeiro a novembro de 2022.

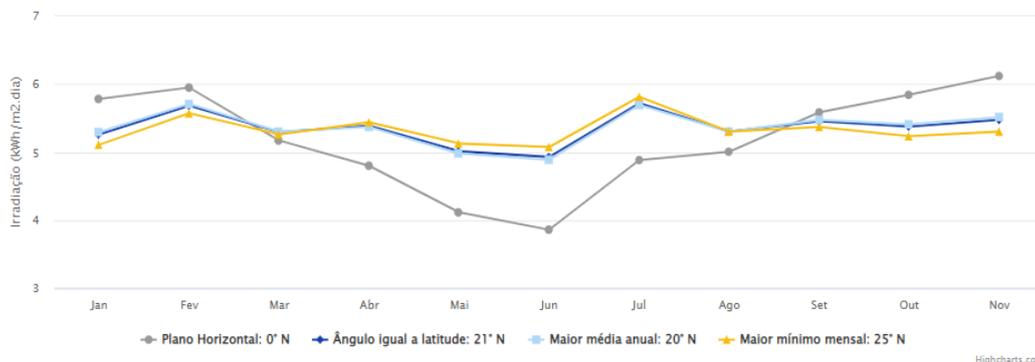


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Jaboticabal–Jaboticabal, SP–BRASIL

21,301° S; 48,349° O



Estação: Jaboticabal
Município: Jaboticabal, SP - BRASIL
Latitude: 21,201° S
Longitude: 48,349° O
Distância do ponto de ref. (21,255278° S; 48,3225° O): 6,6 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,79	5,97	5,20	4,79	4,12	3,85	4,10	4,87	5,02	5,60	5,88	6,14	5,11	2,29
✓	Ângulo igual a latitude	21° N	5,27	5,71	5,32	5,38	5,03	4,92	5,16	5,71	5,32	5,47	5,40	5,49	5,36	,79
✓	Maior média anual	20° N	5,30	5,73	5,33	5,36	4,99	4,88	5,12	5,68	5,32	5,48	5,44	5,53	5,35	,85
✓	Maior mínimo mensal	26° N	5,08	5,56	5,28	5,44	5,17	5,10	5,33	5,82	5,32	5,36	5,22	5,27	5,33	,74

Figura 3: Irradiação Solar no Plano Inclinado em Jaboticabal, SP – Brasil

Fonte: CRESESB, 2022

As inclinações (figura 3) são utilizadas como sugestão para a instalação do módulo fotovoltaico. O gráfico tem como objetivo demonstrar o cálculo diário médio mensal da irradiação solar em qualquer ponto do território de Jaboticabal – SP auxiliando no dimensionamento do sistema fotovoltaico.

As perdas de energia em um sistema fotovoltaico agem diretamente no rendimento total, por isso, é essencial que elas sejam consideradas nos cálculos para se diminuir os erros e assim obter maior precisão no objetivo proposto nesse artigo, que é o de reduzir os gastos com energia. A Tabela 2 mostra os principais fatores de perda de energia no sistema. Os dados referentes à figura 3 e tabela 2 são responsáveis pela posição de instalação dos painéis (inclinação e direção).

Tabela 2: Fatores de rendimento e perda no sistema

Incompatibilidade Elétrica	2,00%
Rendimento	79,0%
Corrente Máxima Potência	5,00%
Tensão Máxima Potência	1,50%
Tensão Circuito Aberto	2,00%
Perdas por Temperatura	11%
Corrente Curto-Circuito	1,55%

Fonte: (BALFOUR; SHAW; NASH, 2017)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

Para elaboração do projeto residencial, optou-se por utilizar o valor menor para que o sistema fotovoltaico supra a demanda da sua funcionalidade pelo maior tempo possível, caso contrário, não seria adquirido em alguns períodos do dia. O valor médio referente ao plano horizontal de 5,11 KWh (m²xDia)

Os valores da tabela 2 são aproximados, podendo oscilar para mais ou para menos, visto que a porcentagem de erro é definida através da área ao redor, a qualidade do material e a distância entre os componentes.

Para saber qual a potência total que os painéis precisam gerar, foi calculado através da equação utilizando os dados coletados anteriormente:

$$Pt = \frac{E}{T \cdot R} \quad (1)$$

Onde:

Pt – Potência total dos painéis

E – Energia geração

T – Tempo de exposição

R - Rendimento

Logo,

$$Pt = \frac{12,4 \text{ KWh/dia}}{5,11 \text{ h/dia} \cdot 0,79} = 3,08 \text{ Kw} \quad (2)$$

Contudo, para essa residência foi utilizado placas com potência de 320 Watts devido à área não ser muito grande (30 m²), com isso, é possível calcular a quantidade de painéis solares necessários:

$$Q = \frac{Pt}{P} \quad (3)$$

Onde:

Q – Quantidade de painéis

Pt – Potência total dos painéis

P – Potência da placa

Logo,

$$Q = \frac{3080 \text{ W}}{320 \text{ W}} = 9,625 \text{ unidades} \quad (4)$$

Como o valor final não foi um número exato, a opção é fazer uso de 9 ou 10 placas, assim, terá uma pequena sobra ou perda de energia, independentemente da quantidade escolhida, por pensar em custo-benefício e rendimento, foi adotada 10 painéis para a casa.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

3.1 PROJEÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DOS PAINÉIS SOLARES

Ao planejar qual painel escolher para a residência, foi analisado as características existentes dos painéis monocristalino e policristalino. Deve-se levar em conta o tamanho, custo e eficiência que melhor comporte na casa com um espaço delimitado de 30 m² de área disponível. Foi realizada uma ampla análise referente a qual modelo e marcas disponíveis no mercado com certificação do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) estavam disponíveis, com especificações na tabela 3.

Tabela 3: Fatores de rendimento e perda no sistema

PAINÉIS	MONOCRISTALINO	POLICRISTALINO
Potência	450 Wp	420 Wp
Tensão Máxima Potência	41,40 V	39,54 V
Corrente Máxima Potência	10,87 A	10,63 A
Tensão Circuito Aberto	49,60 V	47,94 V
Corrente Curto-Circuito	11,58 A	11,21 A
Peso	23,50 Kg	23,50 Kg
Dimensões	2115 x 1050 x 60 mm	2094 x 1038 x 35 mm
Eficiência	20,70 %	19,32 %
Preço	R\$ 1.154,00	R\$ 974,00

Fonte: NeoSolar, 2022

Foi possível observar que o melhor material a se utilizar nesse projeto é o policristalino, embora sua potência seja menor que a de monocristalino, os 420 Wp (watts de potência) que possui é o suficiente para a produção de energia dessa residência. Além disso, o seu custo é 15,6% menor que o outro painel.

Posicionados a um ângulo de 25° graus apontados para o Norte, as placas foram ligadas em série, com o sistema *Grid-Tie (on-grid)* sendo o sistema apropriado para a interligação com a rede, o inversor de frequência escolhido foi: Microinversor Deye com *Wifi*. Foram utilizados 2 inversores dele. A tabela 4 apresenta características como potência, eficiência, tensão de saída, rastreamento do ponto de máxima potência (MPPT – *Maximon Power Point Tracking*) – algoritmo localizado no interior dos inversores que é responsável pela maximização da produção de um sistema fotovoltaico, faixa de operação MPPT, corrente máxima de entrada, corrente máxima de saída, dimensões e preço do inversor modelo EYE SUN2000 G3.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

Tabela 4: Inversor de frequência utilizado

Inversor	Modelo EYE SUN2000 G3
Potência Nominal	2000 W
Eficiência Máxima	96,5 %
Tensão de Saída	220 V
MPPT (Rastreamento do ponto máximo de potência)	3
Faixa Operação MPPT	25 – 55 V
Corrente Máxima Entrada	16 A
Corrente Máxima Saída	10,1 A
Dimensões	212 x 229 x 40 mm
Preço	R\$ 1.990,00

Fonte: NeoSolar, 2022

O modelo de inversor EYE SUN2000 G3 envolvido para este projeto é o mais adequado da potência do painel (420 Wp). O *kit* escolhido para esse inversor de frequência vem com os equipamentos: Conector CA; Conector *End Cap* Fêmea (Tampa final); 15 metros de cabo CC; 8 pares de Conector MC4. Vale ressaltar que todos os componentes e equipamentos selecionados seguiram a ficha técnica do projeto proposto à residência, assim como o custo/benefício. O valor total médio para esse investimento, incluindo mão de obra da instalação, totaliza R\$ 19.420,41, considerando valores de mercado atuais (2022).

O projeto dispõe garantias de:

- Painéis: 25 anos contra perda de potência superior a 20% e 10 anos contra defeitos de fabricação;
- Inversores: 5 anos contra defeito de fabricação; e,
- *Stringboxes*, cabos e conectores: 18 meses

4 RESULTADOS

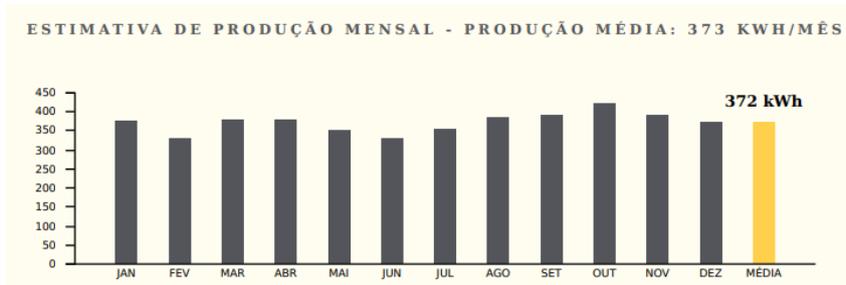
Esta seção apresenta uma análise da relação custo x benefício do retorno que esse investimento (implantação do sistema fotovoltaico) irá trazer para a residência em estudo. Foi possível observar que a estimativa de produção média mensal que esse sistema irá produzir é 372kw/h, como na tabela 5.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

Gráfico 1: Produção Mensal



Fonte: NeoSolar, 2022

A residência teve um gasto mensal médio em 2020 de R\$ 338,69 (tabela 1), com o sistema solar fotovoltaico é possível reduzir os gastos para R\$ 40,26 (nesses cálculos não inclui contribuição de iluminação pública e custo de disponibilidade), ou seja, tendo uma queda de 88,11% no custo mensal. Com *payback* (retorno de investimento) de 5 anos e meio como ilustrado nos cálculos abaixo.

$$X = G_a - G_f \quad (3)$$

Onde:

X – Diferença entre os gastos do sistema fotovoltaico e convencional

G_a – Gasto Anual de 2020

G_f – Gasto Fotovoltaico no ano

Logo,

$$X = 4.064,28 - 483,12 = R\$ 3.581,16$$

(5)

Com isso, é possível calcular o *payback* do sistema fotovoltaico escolhido.

$$P = \frac{C}{X}$$

(6)

Onde:

C – Custo da instalação dos painéis

X – Diferença entre os gastos do sistema fotovoltaico e convencional

P – *Payback*

Logo,

$$P = \frac{19.420,41}{3.581,16} = 5,42 \text{ anos} \quad (7)$$

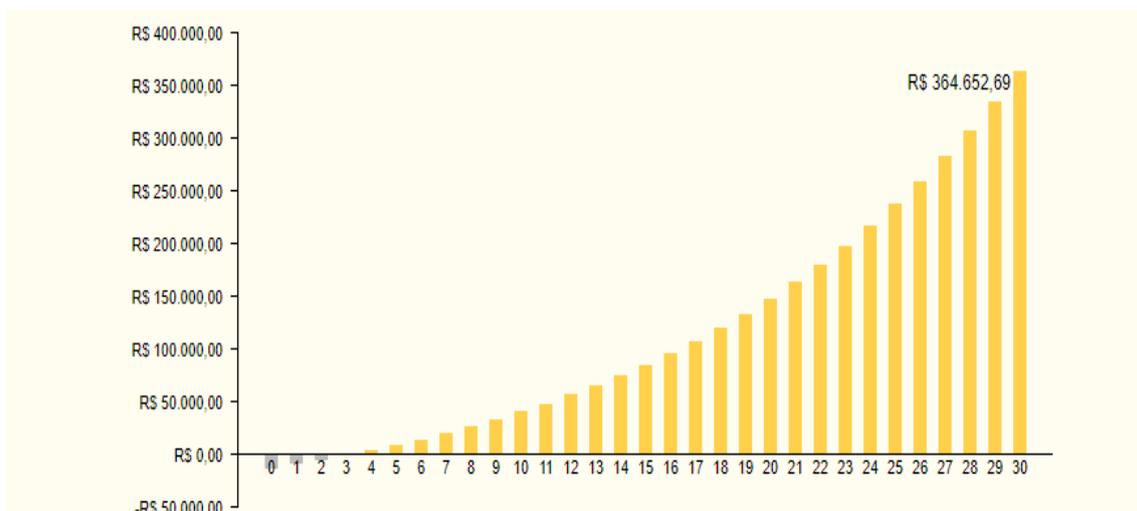


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

Uma análise financeira é possível obter uma economia na conta de energia elétrica em 30 anos (tabela 6) no valor de R\$ 364.652,69.

Gráfico 2: Economia na conta de Luz em 30 anos



*Considerando inflação de energia de 8% ao ano.

Fonte: NeoSolar, 2022.

Ao instalar painéis solares, a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera é evitada por mais de 30 anos. Ao longo de 25 anos com essa alternativa de produção de energia elétrica, cerca de 63.733 toneladas de CO₂ (gás carbônico) é reduzido na atmosfera, equivalente a 455 árvores plantadas. O projeto visa não só a redução de valores, mas também a preservação do meio ambiente (NEOSOLAR, 2022).

5 CONCLUSÃO

A partir do objetivo proposto – analisar o custo-benefício da implantação do sistema fotovoltaico em uma residência no município de Jaboticabal – SP – conclui-se que o projeto é viável à sua execução, pois, com a implantação dos painéis solares, ocorreu uma redução dos gastos de energia elétrica com retorno de investimento (*payback*) de 5 anos e meio, considerando um prazo relativamente curto comparado ao sistema convencional. Outros pontos a se considerar para execução de um bom projeto é a utilização de materiais e equipamentos de qualidade dentro de um sistema de geração fotovoltaica, completada também pelos critérios técnicos de instalação e também de manutenção para que seja obtido um *payback* próximo ao projetado. É válido ressaltar que o tempo de retorno está abaixo da média esperada no Brasil (6 a 10 anos), caso as variáveis sejam comportadas dentro da previsão, o investimento é viável.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

REFERÊNCIAS

BALFOUR, J.; SHAW, M.; NASH, N. B. **Introdução ao Projeto de Sistemas Fotovoltaico**. São Paulo: LTC, 2017.

BMC ENERGIA. **Portfólio**. [S. l.]: BMC Energia, s. d. Disponível em: <https://bmcenergia.com.br/portfolio>. Acesso em: 19 ago. 2022.

CASARO, M. Mendes; CRUZ MARTINS, D., Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica. **Eletrônica de Potência**, v. 21, n. 2, abr. 2010.

CESAR PIQUINI, P., **Jornada acadêmica integrada jovem**. Santa Maria, RS: UFMS, 2019. *e-book*.

COPETTI, Jaqueline Biancon; MACAGNAN, Mario Henrique. Baterias em sistemas solares fotovoltaicos. *In: I CBENS - I Congresso Brasileiro de Energia Solar*, ABENS - Associação Brasileira de Energia Solar Fortaleza, 8 a 11 de abril de 2007.

COSTA, Andrelise Cardoso; OLIVEIRA, Débora Ferreira de; RABELO, Márcia Helena; PINHEIRO, Maria Deuceny da Silva Lopes Bravo; PIAZZAROLO, Jorge. Energia solar fotovoltaica uma alternativa viável? **Brazilian Journal of Development**, 28 set. 2020

CPFL ENERGIA. **Histórico de consumo e faturamento**. [S. l.]: CPFL Energia, s. d. Disponível em: <https://servicosonline.cpfl.com.br/agencia-webapp/#/historico-consumo>. Acesso em: 10 out. 2022.

CRESESB – **Centro de Referência para as Energias Solar e Eólicas Sérgio de S. Brito**. 2022. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: 20 ago. 2022.

FILIPPE, M. Energia solar fotovoltaica: Brasil é o 4º país que mais cresceu em 2021. **Exame**, 20 abr. 2022.

FREITAS, Mateus Gouveia de; MIRANDA, Anísio de Assis Rodrigues. **Custo/benefício e implantação de sistema fotovoltaico**. 2016. Artigo Científico (Graduação) - Universidade de Rio Verde – UNIRV, Rio Verde, GO, 2016.

LAGRIMANTE, D.; PAZ LANDM, L.; CRUZ, V.; AMARANTE, M.; Estudo da aplicação de energia solar fotovoltaica. **Pesquisa e ação**, v. 4, n. 1, p. 4, 2018.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S., Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 3, 2015.

PINHO ALMEIDA, M. **Qualificação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. 2012, 123 fls. Tese (Programa de pós-graduação em energia PPGE (EP/FEA/IEE/IF) – USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. [S. l.: s. n.], 2014.

PORTAL SOLAR. **Energia solar e energia fotovoltaica**. [S. l.]: Portal Solar, 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico-como-funciona-a-energia-solar>. Acesso em: 18 mar. 2022.

PORTAL ÚNICO DO GOVERNO. **Consumo de eletricidade em dezembro foi o maior de toda série histórica**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/consumo-de-eletricidade-em-dezembro-foi-o-maior-de-toda-serie-historica>. Acesso em: 19 Ago. 2022.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO
EM UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL-SP
Stefany Santos Guimarães, Carlos Francisco Minari Junior, Fabiana Florian

SILVA LOPES, N.; CARRERO, Aurélio M.; **Boas práticas da TI verde adotadas pelas empresas como forma de uso eficiente dos recursos energéticos.** 2016. 45f. Monografia (Graduação) - FAE Centro Universitário, Curitiba, 2016.

SILVA, Jarlan Soares da. **Análise da influência da temperatura na geração de energia utilizando painéis fotovoltaicos monocristalino e policristalinos.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Pampa, Bagé, RS, 2016.