



ESTUDO DE VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR EM RESIDÊNCIAS URBANAS DA BAIXADA SANTISTA

Cirillo Moreno Tavares Palos, Universidade Serra Geral, cirillotavares@gmail.com

Fernando Henrique de Oliveira, UNIVESP, nandofho@hotmail.com

Helena de Carvalho, UNISA, leninha8717@gmail.com

Marcos Vinicius Henrique da Silveira, Universidade Serra Geral, marcosgestaofatec@yahoo.com.br

Murilo Tavares Palos, Universidade Serra Geral, mtpalos@hotmail.com

Nelma Paula Vieira Ramos, UNIVESP, nelmasilva14@yahoo.com.br

Resumo

Atualmente, cada vez mais, observamos as consequências do aquecimento global, o aumento de eventos extremos, como furacões, tempestades, enchentes, mudança do regime de chuvas, de ventos, e a desertificação de várias áreas no planeta, são apenas alguns dos exemplos das mudanças climáticas. Uma das formas do Brasil atingir as metas a que se propôs no Acordo de Paris, é reduzir o uso de combustíveis fósseis, usado nas termoeletricas por exemplo. Temos como objetivo geral realizar um estudo de viabilidade do uso da energia solar em residências urbanas da Baixada Santista. Este trabalho consiste em efetuar o levantamento e revisão bibliográfica a respeito das energias renováveis, em especial a energia solar e os sistemas fotovoltaicos, a fim de identificar o mais adequado, para este estudo de viabilidade, no uso da energia solar como fonte de geração de energia elétrica para residências urbanas na baixada santista. O estudo evidenciou a viabilidade do projeto de políticas públicas que podem ser implementadas, contribuindo para que o aumento do uso da energia solar e ajudando o meio ambiente.

Palavras-chave: Aquecimento Global, Matriz Energética, Energia Solar, Política Pública, Baixada Santista.

1. Introdução

Uma das formas do Brasil atingir as metas a que se propôs no Acordo de Paris, é reduzir o uso de combustíveis fósseis, usado nas termoeletricas por exemplo, e para suprir essa energia advinda de fontes não renováveis, podemos nos valer do aumento do uso de energias renováveis, como a expansão do uso doméstico de fontes de energias renováveis, como é o caso da energia solar, onde é essencial, incentivos governamentais, para atingir esses objetivos.



Temos como objetivo realizar um estudo de viabilidade do uso da energia solar em residências urbanas da Baixada Santista, Dentre os objetivos específicos desse trabalho, podemos destacar, dentre as possíveis formas de energia solar focaremos na energia fotovoltaica, conhecer os tipos de sistemas fotovoltaicos e identificar o mais adequado, traçar o perfil de consumo de energia elétrica da região, analisar e definir critérios, propondo soluções viáveis para o estudo

A energia solar é conceituada como aquela proveniente do sol que pode ser utilizada diretamente para o aquecimento do ambiente e matérias como a água, além da utilização para produção de eletricidade por meio do efeito sobre determinados materiais, como os materiais termoelétricos e fotovoltaicos (ARAGÃO, 2019).

Diferente dos outros tipos de energias, a energia solar tem como base a luz e o calor do sol. Este tipo energia, é entendido como fonte alternativa e sustentável de energia, pois pode ser utilizada na geração de eletricidade ou aquecimento de água. (EPE, 2022)

Por conta disso, podemos entender que a energia solar é uma fonte alternativa, renovável e sustentável de energia que provém da radiação eletromagnética (luz e calor) emanada diariamente pelo sol. Essa energia pode ser utilizada por diferentes tecnologias. Hoje em dia, o conceito de energia solar é comumente associado à geração limpa de eletricidade pelos painéis de energia fotovoltaica (painéis fotovoltaicos), que transformam a luz do sol diretamente em energia elétrica (Portal Solar, 2022).

Existem usinas fotovoltaicas que precisam de grandes espaços para abrigar os painéis solares, e existe sistema menores a microgeração de distribuição, a central geradora de energia elétrica dispõe dá potência instalada menor ou igual a 75kW, a minigeração tem potência instalada superior a 75kW e menor ou igual a 5MW, e distribuídas para unidades consumidoras. (ANEEL, 2012).

As gerações menores podem ser dimensionadas de forma que podem ser instalado em residências particulares, tendo a possibilidade de estarem conectados a alguma rede, podendo baratear as contas de energia, assim como créditos para o dono do local.

O uso da energia solar fotovoltaica, vem crescendo muito em nosso país, tanto que, como pode ser observado na Figura 1, de acordo com levantamento da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar) em 2022, a energia solar passou a ser a 3ª maior fonte com 9,1% da matriz elétrica, atrás apenas da hídrica (53,2%) e da eólica (10,8%).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

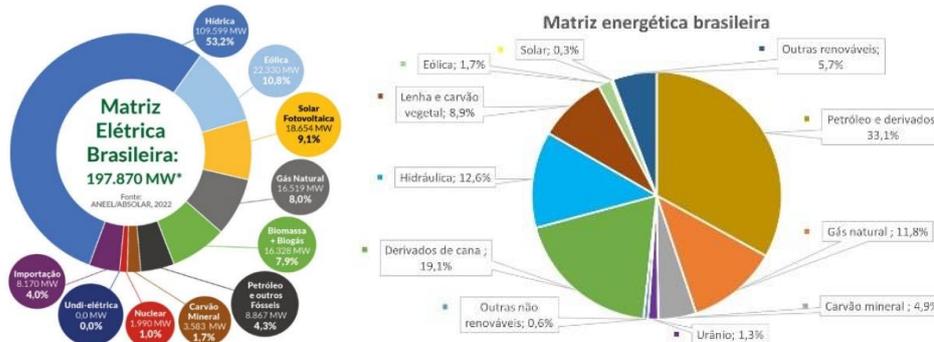
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Figura 1 – Matriz Elétrica e Energética Brasileira



Fonte: Adaptação Aneel/Absolar/BEN 2021

Segundo o Boletim Energético Nacional (BEN 2021), a energia solar representa 0,3% da matriz energética brasileira, com grande potencial de aumento. Nesse sentido, este trabalho objetiva, estudar a viabilidade da utilização da energia solar fotovoltaica, em residências urbanas nas cidades da baixada santista, no estado de São Paulo, como política pública, que possa incentivar o uso desta energia renovável, corroborando com o país na busca de atingir as metas compromissadas no Acordo de Paris e ratificadas em outubro de 2021 na COP26.

A região metropolitana da Baixada Santista (RMBS), é composta por nove municípios: Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente, apresentando altas taxas de urbanização 99,79% com valores superiores às do estado de São Paulo 95,94% e do Brasil 84,36% segundo senso demográfico IBGE 2010, por esse motivo foi escolhido esse nicho de domicílios urbanos, como delimitação de nosso estudo.

As cidades que compõe a RMBS, apresentam similaridades como o alto grau de urbanização, porém apresentam outros fatores que as distinguem, como densidade demográfica, renda per capita, faixa etária, entre outros, conforme MORELL (2015), em “Baixada Santista: Transformações na Ordem Urbana”, que fazem com que cada cidade tenha uma peculiaridade perante a região, e estas, serão abordadas no desenvolvimento do trabalho e contribuirão nas soluções, a serem desenvolvidas para a implementação do uso das placas fotovoltaicas nas residências da região.

Os sistemas fotovoltaicos são divididos em três tipos: conectados à rede (*on grid*), isolados (*off grid*) ou híbridos. Os três tipos de sistemas geram energia de uma forma similar: módulos solares são colocados geralmente nos telhados de imóveis e captam a luz do sol, que se transforma em corrente elétrica. A corrente alternada gerada a partir dos módulos é convertida em corrente contínua por um equipamento chamado de inversor. Assim, a energia gerada a partir do sol torna-se apta a alimentar os equipamentos elétricos de uma residência ou comércio.

A diferença é que o sistema *on grid* é conectado à rede, utilizando energia da distribuidora durante a noite ou em dias de pouco sol e acumulando créditos energéticos com a energia excedente gerada durante o dia; o sistema *off grid* não é conectado à rede e faz uso de baterias



para acumular a energia excedente e usá-la quando não é possível produzir; e o sistema híbrido é a união dos dois: um sistema conectado à rede que possui baterias (Portal Solar, 2022).

O sistema *on grid* é utilizado onde há conexão com a rede da concessionária. Pode ser instalado em residências e empresas de todos os tamanhos. A principal vantagem no Brasil desse sistema é a compensação de energia elétrica, já regulamentada por lei. A energia elétrica gerada é usada pelo próprio imóvel e a sobra é enviada à concessionária, que concede créditos ao consumidor, como força de compensação pela geração de energia.

Segundo o portal Tecnoblog, os créditos são convertidos na conta de luz e podem ser utilizados em até 60 meses, em períodos de chuvas e nublados, o consumidor irá pegar energia elétrica da rede comum e pagará nada ou muito menos. É possível transferir o crédito para outro imóvel, desde que esteja registrado no mesmo CPF. Os créditos podem ser utilizados durante a noite ou em momentos em que a demanda de energia do imóvel seja maior do que a produzida pelo sistema, por exemplo o uso de ar-condicionado no verão.

Se no sistema *on-grid*, os painéis fotovoltaicos estão ligados à rede, e no *offgrid*, estão fora dela e funcionam com baterias, o sistema solar híbrido é uma mescla dos dois. Nesse caso, ele tem uma formação parecida com as outras duas soluções.

Como já demonstrado na pesquisa as cidades possuem alta taxa de urbanização, assim focaremos no Sistema *on-grid* por ser o de menor investimento por não utilizar baterias.

Por várias décadas a oferta de energia fotovoltaica teve como principal obstáculo o alto custo que apresentava, no entanto, nos últimos anos houve uma expressiva expansão da utilização no mundo todo dessa tecnologia com redução de custo, graças a intensas pesquisas motivadas por incentivos de governo e demanda crescente por fontes limpas. (VIAN, TAHAN, AGUILAR, GOUVEA, GEMIGNANI, 2021, pag. 12).

A energia solar fotovoltaica possui vantagens e desvantagens no seu uso, as vantagens: não polui, é renovável, limpa e silenciosa, pode ser usada em áreas isoladas da rede elétrica, necessidade mínima de manutenção, muito fácil de instalar e é barato para manter. Já as desvantagens: alto custo de aquisição (custo que se retorna em pouco tempo, mas também é o principal agente que impede a exploração em grande escala) e não gerar energia à noite.

2. Fundamentação teórica

O embasamento teórico, segundo (CHASIN, 2012) serve de base à investigação do trabalho proposto, se apoiando em várias fontes documentais, como livros, artigos, monografias, entre outros, auxiliando na sustentação de preposições, e esta revisão literária está estruturada, na motivação do estudo, que se inicia com as mudanças climáticas e as metas assumidas pelo Brasil no Acordo de Paris, para redução dos gases de efeito estufa, sendo apresentado na sequência as principais energias renováveis no país, e como estas, podem contribuir para atingir os objetivos estabelecidos na COP21, tendo como destaque, a energia solar, e em especial, os sistemas fotovoltaicos, mostrando os principais tipos, as legislações, e



como o uso em residências urbanas, pode ser empregada como política pública, tendo como foco, a região metropolitana da baixada santista

3. Metodologia

Este trabalho consiste em efetuar o levantamento e revisão bibliográfica a respeito das energias renováveis, em especial a energia solar e os sistemas fotovoltaicos, a fim de identificar o mais adequado, para este estudo de viabilidade, no uso da energia solar como fonte de geração de energia elétrica para residências urbanas na baixada santista, através da coleta de dados das cidades em questão, como consumo de energia elétrica, número de domicílios, renda per capita, dentre outros fatores, espera-se traçar perfis das cidades, em especial, do consumo de energia elétrica por residência.

Com base nos dados e perfis levantados da região da baixada santista, será feita comparações, avaliação de custos, cenários, e análises, propondo alternativas, para a implantação de sistemas fotovoltaicos nos domicílios. Por fim será apresentado a conclusão das análises e resultados, demonstrando se é viável a implantação deste projeto, como forma de política pública.

4. Resultados

Após toda essa apresentação do conceito de como funciona essa forma de energia, e como é possível utiliza-la atualmente, é preciso também perceber que a utilização da mesma começou a ser uma prática intuitiva para muitos lugares do mundo.

O governo do Brasil tem ajudando a promover a aplicabilidade dessa tecnologia no país por meio do abatimento do imposto de renda, oferta gratuita de equipamentos para distribuidoras de energia entre outros. A energia solar, em comparação com a energia elétrica é sem duvida a forma mais econômica de gerar a energia limpa, haja vista que o país já tem uma enorme oportunidade de ampliar esse mercado devido a sua excelente capacidade de irradiação do sol. (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017).

No estado de São Paulo, existem regiões que recebem irradiações tão altas quanto às regiões mais quentes do Brasil. Um exemplo de região que desenvolve atividades econômicas é a região portuária de Santos, com isso o consumo de energia elétrica aumenta assim torna-se uma excelente região de investimento desse tipo de energia. (GONZALEZ, 2021).

A seguir serão apresentados alguns dados com intuito de caracterizar a região e as cidades que a compõem a Região Metropolitana da Baixada Santista.

A Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), foi instituída em 1996, por meio da Lei Complementar nº. 815, de 30/07/96, é formada por nove municípios: Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente. Localizada no litoral do Estado de São Paulo, banhado pelo Oceano Atlântico, a RMBS ocupa uma área de 2.419,93 km², que corresponde a aproximadamente 1,0% do território paulista, dos quais 55% são áreas de proteção ambiental (SEADE, 2010).



A RMBS, se subdivide, em região central, compreendida por Santos, São Vicente, Guarujá, Cubatão e Praia Grande, pela região sul, composto por Itanhaém, Mongaguá e Peruíbe, e pela região norte, onde está localizado o município de Bertioga (BRANDÃO, 2015). Itanhaém é o maior município da RMBS, ocupando 24,5% da área total, é seguido por Bertioga com 20,3%, Peruíbe com 13,8%, Santos com 11,4%, Cubatão com 6,2%, São Vicente com 6,2%, Praia Grande com 6,1%, Guarujá com 5,8% e Mongaguá com 5,7% (Emplasa, 1992).

As cidades da região central da RMBS, apresentam uma melhor infraestrutura, o que acaba impactando no custo de vida, e concentram a maior parcela do PIB da região, em contrapartida as cidades Bertioga, Itanhaém, Mongaguá e Peruíbe, vem apresentando um maior crescimento populacional, principalmente por conta do setor imobiliário.

Santos, é a principal cidade da região, além da atividade portuária, possui no comércio e serviços, setores importantes, já a cidade de Cubatão, possui além do polo industrial, um setor de suporte logístico, muito relevante. As cidades de Guarujá, Praia Grande e São Vicente, possuem suas principais atividades ligadas ao turismo, lazer, além de suporte logístico tanto à atividade portuária, como à industrial da RMBS. Já as cidades de Bertioga, Itanhaém, Mongaguá e Peruíbe, tem como atividades preponderantes o lazer e turismo (AGEM, 2002).

No âmbito populacional, Santos, é a cidade mais populosa, seguida por São Vicente e Praia Grande, as três cidades juntas, correspondem a 60,15% da população da RMBS (SEADE, 2021).

As três maiores cidades da região em área, Itanhaém, Bertioga e Peruíbe, figuram entre as últimas em população, esse contraste se deve, principalmente por possuírem grandes áreas de preservação ambiental.

A população com idade economicamente ativa dos municípios da região, variam entre 64 a 72%, já a RMBS apresenta um valor de 69%, muito próximo do valor do estado de São Paulo que é de 71% (SEADE, 2021).

Para se iniciar o dimensionamento de um projeto de geração de energia fotovoltaica residencial, deve-se levar em consideração, a incidência solar no local da residência, a quantidade de energia que se pretende gerar baseada no consumo, as perdas estimadas e a área disponível no telhado para a instalação.

Alem deste dimensionamento temos também a incidência solar é a radiação do sol que atua sobre uma área específica na superfície do planeta Terra. Diferentes fatores influem no total de radiação que incide sobre um local. São eles: rotação e translação da Terra, latitude, inclinação do eixo do planeta (23°), cobertura das nuvens e outros.

De posse da localização geográfica das cidades que compõe a RMBS, consultamos no site do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito e Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CRESESB/CEPEL), a incidência solar durante os meses do ano, a fim de obter uma média anual de 4,07 kWh/m².dia, conforme a tabela 1.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Tabela 1 – Índice de Irradiação Solar Anual RMBS (kWh/m².dia)

Território	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Bertioga	5,09	5,19	4,34	3,90	3,21	2,86	2,92	3,59	3,48	3,86	4,52	5,11	4,01
Cubatão	4,82	5,03	4,20	3,78	3,14	2,82	2,86	3,51	3,40	3,71	4,22	4,90	3,87
Guarujá	5,45	5,49	4,62	4,03	3,27	2,88	2,91	3,60	3,59	4,03	4,87	5,45	4,18
Itanhaém	5,38	5,45	4,57	4,06	3,21	2,83	2,85	3,51	3,57	3,97	4,89	5,42	4,14
Mongaguá	5,21	5,27	4,44	3,97	3,18	2,80	2,82	3,45	3,43	3,77	4,71	5,22	4,02
Peruíbe	5,32	5,40	4,55	4,03	3,20	2,84	2,87	3,51	3,61	3,97	4,89	5,45	4,14
Praia Grande	5,31	5,01	4,28	3,70	2,84	2,43	2,69	3,40	3,44	4,21	5,42	5,68	4,03
Santos	5,31	5,44	4,58	4,03	3,26	2,89	2,91	3,58	3,56	3,98	4,84	5,33	4,14
São Vicente	5,31	5,44	4,58	4,03	3,26	2,89	2,91	3,58	3,56	3,98	4,84	5,33	4,14
B. Santista	5,24	5,30	4,46	3,95	3,17	2,80	2,86	3,53	3,52	3,94	4,80	5,32	4,07

Fonte: (CRESESB/CEPEL, 2017)

Consultamos também o site Global Solar Atlas, e a partir dos dados obtidos, tendo como média anual de irradiação solar 4,24 kWh/m².dia.

Por fim, consultamos também, o mapa de incidência solar anual da região administrativa da Baixada Santista, fruto do Estudo do Potencial Paulista para Energia Solar, da Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, 2013, onde obtivemos uma faixa de 4,61 a 4,70 kWh/m².dia na região central, e 4,71 a 4,80 kWh/m².dia nos municípios ao norte e ao sul da RMBS.

Obtivemos valores médios anuais distintos das 3 fontes consultadas, e adotamos o valor intermediário de irradiação solar para a RMBS, obtido junto ao Global Solar Atlas, de 4,24 kWh/m².dia, para o desenvolvimento de nosso estudo.

Segundo a Secretaria Estadual de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SEIMA-SP), como mostra tabela 3, a RMBS possui 964.001 domicílios residenciais, com um consumo anual de energia de 2.155.847.408 KW, o que representa um consumo médio anual por domicílio de 2.236 KW, o que equivale a um consumo mensal de aproximadamente 186 KW.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Tabela 2 – Consumo de Energia Elétrica dos Domicílios Residenciais – RMBS 2021

Cidade	Domicílios Residenciais	Consumo de Energia Anual(KW)	Consumo Médio por Domicílio (KW)
Bertioga	53.213	130.390.183	2.450
Cubatão	35.879	85.825.115	2.392
Guarujá	131.871	321.685.738	2.439
Itanhaém	81.716	141.623.673	1.733
Mongaguá	49.305	74.394.433	1.509
Peruíbe	46.641	88.911.370	1.906
Praia Grande	237.853	450.547.283	1.894
Santos	201.020	566.494.973	2.818
São Vicente	126.503	295.974.640	2.340
B. Santista	964.001	2.155.847.408	2.236
Estado SP	18.212.546	42.240.643.707	2.319

Fonte: (SEIMA – Secretaria Estadual de Infraestrutura e Meio Ambiente SP, 2022)

Vamos agora aos cálculos do dimensionamento do Sistema solar fotovoltaico, considerando que cada módulo a ser instalado tenha 550Wp e que a irradiação solar média na RMBS é de 4,24 kWh/m², com uma perda de 25%. Assim, temos que energia gerada por módulo, seja igual a:

$$[550 \times 4,25 \times (1 - 0,25)] = \mathbf{1,749 \text{ kWh/dia}}$$

$$1,749 \times 30 = 52,47 \text{ kWh/mês}$$

$$n^\circ \text{ de módulos} = 186 \text{ kWh/mês} / 52,47 \text{ kWh/mês} = 3,54$$

Portanto **4 módulos**, com potência de 4 x 550 kWp = **2,2 kWp** De acordo com Greener,2022, o valor de sistemas fotovoltaicos residenciais instalados em média no 1º semestre de 2022, foram de R\$ 4,88/Wp para sistemas até 4kWp. Então levando em consideração esse valor, tem-se para um sistema de 2,2kWp um valor total de R\$ 10.736,00. Este valor de R\$ 10.736,00, se mostra aderente ao se utilizar a calculadora solar do site NeoSolar, que apresentou um valor de R\$ 10.958,90, de valor máximo, como apresentado na figura abaixo.



Figura 2 – Calculadora Solar – Investimento para Sistema Fotovoltaico de 200 kW de consumo



Fonte: (NeoSolar, 2022)

Foi comparado com um projeto de maior potência 2,64 kWp da empresa Eletron Solar, porém com uso de módulo de 660 Wp, esse projeto tem o valor de R\$ 14.800,00, se for levado em consideração o valor dos módulos, o projeto para a potência de 2,2 kWp, seria em torno de R\$ 12.400,00. Com a utilização de módulos com micro inversor que utilizam a tecnologia MLPE (*Module Level Power Electronics*), que proporcionam maior eficiência e segurança.

Além dos 4 módulos de 550 Wp, esse projeto conta com 1 micro inversor, 1 unidade de monitoramento e perfis para fixação dos módulos no telhado, sendo que este sistema ocupa uma área de 12m².

Chegamos a questão da viabilidade econômica, considerando o valor do investimento de R\$ 12.400,00, para aquisição e instalação do sistema solar fotovoltaico de 2,2 kWp, iremos verificar se o investimento do projeto é ou não viável, através do Valor Presente Líquido (VPL), que permite avaliar a viabilidade econômico-financeira de um projeto a longo prazo.

Segundo Absolar, 2020, o tempo de vida útil dos módulos fotovoltaicos, são de vinte e cinco anos. Para a taxa mínima de atratividade (TMA), adotou-se o valor de 10%, considerando que a taxa Selic está em 13,75%, e segundo o relatório Focus, a taxa deve terminar 2025 em 8,00%. Para o fluxo de caixa considerou-se o gasto anual da conta de luz de R\$ 2.520,00, com um aumento anual de 6%.

Tabela 3 – Cálculo Valor Presente Líquido (VPL)

Discriminação	Valores
Valor do Investimento Inicial	R\$ 12.400,00
Fluxo de Caixa Futuro Anual	R\$ 2.520,00
Tempo de Vida Útil	25



Taxa Mínima de Atratividade	10%
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 25.644,28

Fonte: Autores

O *payback* descontado, é um indicador utilizado para avaliar o tempo de retorno, bem como os riscos e a viabilidade de um investimento. Leva em consideração o custo de capital nos fluxos de caixa, ou seja, os valores das entradas e saídas são baseados no tempo presente, na tabela, é apresentado o *payback* do projeto.

Tabela 4 – *Payback* Descontado

Tempo de vida útil	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado	Saldo
0	-12400,00	-12400,00	-12400,00
1	2520,00	2290,91	-10109,09
2	2671,20	2207,60	-7901,49
3	2831,47	2127,33	-5774,16
4	3001,36	2049,97	-3724,19
5	3181,44	1975,43	-1748,77
6	3372,33	1903,59	154,83
7	3574,67	1834,37	1989,20
8	3789,15	1767,67	3756,86
9	4016,50	1703,39	5460,25
10	4257,49	1641,45	7101,69
11	4512,94	1581,76	8683,45
12	4783,71	1524,24	10207,69
13	5070,74	1468,81	11676,50
14	5374,98	1415,40	13091,90
15	5697,48	1363,93	14455,83
16	6039,33	1314,33	15770,16
17	6401,69	1266,54	17036,70
18	6785,79	1220,48	18257,19
19	7192,93	1176,10	19433,29
20	7624,51	1133,33	20566,62

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

21	8081,98	1092,12	21658,75
22	8566,90	1052,41	22711,16
23	9080,91	1014,14	23725,30
24	9625,77	977,26	24702,56
25	10203,32	941,73	25644,28

Fonte: Autores

O tempo de retorno do investimento de acordo com a tabela acima, para o projeto de sistema de geração de energia fotovoltaica em residências da RMBS, é de 5,1 anos, ou seja, o *payback* ocorre logo após passado 5 anos.

Segundo Greener, 2022, o resultado está em consonância com a média dos sistemas residenciais instalados no Estado de São Paulo, no 1º semestre de 2022, que é de 5,1 anos para o retorno de investimento.

Sistemas Fotovoltaicos Instalados na RMBS, a seguir são apresentadas tabelas, dos domicílios residenciais que possuem sistemas fotovoltaicos na RMBS, comparativos com os números totais, bem como o valor de potência instalada.

Tabela 5 – Percentual de Domicílios Residenciais com Sistema Fotovoltaico (SFV)

Cidade	Total	c/ SFV
Bertioga	53.213	0,89%
Cubatão	35.879	0,23%
Guarujá	131.871	0,29%
Itanhaém	81.716	0,27%
Mongaguá	49.305	0,10%
Peruíbe	46.641	0,67%
Praia Grande	237.853	0,10%
Santos	201.020	0,15%
São Vicente	126.503	0,14%
B. Santista	964.001	0,23%
Estado SP	18.212.546	1,08%
Brasil	57.314.048	1,96%

Fonte: (ANEEL, 2022)

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Tabela 6 – Percentual do Total de Instalações de SFV que são Domicílios Residenciais

Cidade	Domicílios	Total	%
Bertioga	474	510	93%
Cubatão	82	102	80%
Guarujá	384	436	88%
Itanhaém	217	231	94%
Mongaguá	49	54	91%
Peruíbe	311	346	90%
Praia Grande	226	250	90%
Santos	304	346	88%
São Vicente	182	196	93%
B. Santista	2.229	2.471	90%
Estado SP	195.860	227.583	86%
Brasil	1.121.080	1.423.986	79%

Fonte: (SEADE / IBGE, 2022)

Tabela 7 – Percentual do Total de Potência Instalada (KWp) que são Domicílios Residenciais

Cidade	Domicílios	Total	%
Bertioga	2.788	3.316	84%
Cubatão	562	1.069	53%
Guarujá	2.839	3.730	76%
Itanhaém	1.073	1.288	83%
Mongaguá	230	316	73%
Peruíbe	1.489	2.151	69%
Praia Grande	1.122	1.944	58%
Santos	1.847	2.881	64%
São Vicente	1.018	1.342	76%
B. Santista	12.969	18.038	72%
Estado SP	1.090.332	1.979.198	55%
Brasil	7.274.121	15.148.806	48%



Fonte: (ANEEL, 2022)

Definição do nicho de domicílios da RMBS a seguir é apresentado na tabela 8, os domicílios urbanos da RMBS, distribuídos por faixa de renda, tendo como base o salário mínimo (SM).

Tabela 8 – Domicílios Distribuídos por Faixa de Renda – RMBS 2010

IBGE 2010	BRASIL	SÃO PAULO	BAIXADA SANTISTA	BERTIOGA	CUBATÃO	GUARUJÁ	ITANHAÉM	MONGAGUÁ	PERUIBE	PRAIA GRANDE	SANTOS	SÃO VICENTE
S/RENDA	4,28%	0,64%	4,17%	3,60%	7,09%	4,81%	5,08%	5,02%	5,25%	4,34%	2,78%	3,92%
<1/2 SM	4,15%	14,64%	1,04%	0,92%	1,43%	1,30%	2,30%	2,23%	2,25%	1,10%	0,37%	0,86%
1/2 A 1 SM	14,22%	27,17%	7,81%	7,99%	9,04%	8,85%	13,18%	12,98%	13,27%	8,38%	4,11%	8,00%
1 A 2 SM	23,16%	28,72%	18,41%	22,43%	21,73%	21,87%	23,99%	23,64%	24,08%	20,90%	10,76%	19,20%
2 A 5 SM	32,90%	9,87%	38,50%	43,67%	40,13%	40,61%	38,23%	39,05%	36,68%	41,38%	32,64%	41,71%
5 A 10 SM	13,65%	7,51%	20,27%	16,39%	15,91%	16,91%	13,33%	13,57%	13,29%	18,21%	27,98%	20,12%
10 A 20 SM	5,30%	7,33%	7,32%	4,01%	4,03%	4,45%	3,15%	2,95%	4,08%	4,65%	14,90%	5,20%
> 20 SM	2,35%	4,12%	2,49%	0,98%	0,63%	1,20%	0,75%	0,56%	1,10%	1,05%	6,47%	0,99%

■ MAIOR PERCENTUAL DE DOMICÍLIOS
 ■ 2º MAIOR PERCENTUAL DE DOMICÍLIOS
 ■ 3º MAIOR PERCENTUAL DE DOMICÍLIOS

Fonte: (SEADE / IBGE, 2010)

Como verificado na tabela acima a RMBS, apresenta uma distribuição de renda bem similar, apenas a cidade de Santos e São Vicente apresentam resultados divergentes das demais, porém todas tem como maior percentual de domicílios, os que tem faixa de renda de 2 a 5 SM.

5. Conclusões

Este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade econômico-financeira da instalação de placas solares fotovoltaicas nas residências urbanas da Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), como uma forma de política pública, haja visto os esforços que o país empenha desde a COP 21, no Acordo de Paris, em reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e aumentar a participação de energias limpas na matriz energética do Brasil, como ratificado na COP 27, no Egito.

Através da interpretação e análise dos dados levantados, o estudo evidenciou a viabilidade do projeto de potência de 2,2kWp, no valor de R\$12.400,00, cujo retorno do investimento se dá no decorrer de 5 anos, considerando como base o valor pago anualmente de R\$2.520,00, na conta de luz, como fluxo de caixa nos anos de tempo de vida útil, e obtendo como rendimento total no decorrer dos 25 anos o valor de R\$ 25.644,28.

Se esse projeto alcançar 10% dos domicílios urbanos com faixa de renda de 2 a 5 SM (37.114 domicílios) da RMBS, e cada um deles produzir mensalmente 200 kW, teremos uma produção de 7,42 GW/mês o que equivale a 15,75% do consumo mensal da cidade de Santos.

Políticas públicas podem ser implementadas, contribuindo para que o aumento do uso da energia solar, diante do potencial ainda a ser explorado, que segundo a Câmara Americana de



Comércio Brasil-Estados Unidos, é de 164GW, superior ao nosso atual consumo anual, cerca de 148GW.

Temos a capacidade de aumentar a participação de energias limpas na nossa matriz energética, tanto na RMBS, onde cerca de apenas 1% dos domicílios possuem sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica, como para todo o Brasil, contribuindo para o cumprimento de nossas metas empenhadas no Acordo de Paris, e para impulsionar o crescimento de nosso país de modo sustentável.

6. Agradecimentos

Agradecemos os mestres e as instituições que proporcionaram a base para realização deste extenso artigo.

7. Referências bibliográficas

ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar. Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: < ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica >. Acesso em: 05/11/2022.

AGEM, Agência Metropolitana da Baixada Santista. Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado – PMDI 2002. Região Metropolitana da Baixada Santista. São Paulo, 2002.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, Relação dos Empreendimento de Geração Distribuída Disponível em: <<https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/5e0fafd2-21b9-4d5b-b622-40438d40aba2/resource/b1bd71e7-d0ad-4214-9053-cbd58e9564a7/download/empreendimento-geracao-distribuida.csv>> Acesso em 08/11/2022.

ANEEL, 2012. Resolução Normativa n° 482. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em 17/11/2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Com acréscimo de 601,5 MW, maio tem a maior expansão da geração em 2022. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/com-acrescimento-de-601-5mw-maio-tem-a-maior-expansao-da-geracao-em-2022>>. Acessado em nov. 2022.

ARAGÃO, Jéssica da Silva. Estudo do uso de energia renovável nas zonas costeiras por ondas, marés, e ventos. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Oceanografia apresentado a Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. UFPA, Belém, 2019.



BRANDÃO, M. V. M.; MORELL, M. G. G.; SANTOS, A. R. Baixada Santista: Transformações na Ordem Urbana. 1. Ed. – Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015.

BRANDÃO, Marinez et al Baixada Santista: transformações na ordem urbana. 1. ed. - Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrôpoles, 2015.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética – Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Energética. Brasília: MME/EPE, 2021.

BRASIL. Geração de Energia - Situação Atual. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5textos/6-2energia.pdf>>, acessado em ago. 2012b.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional (BEN), 2022b. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>>. Acessado em nov. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Boletins Mensais de Energia – Agosto, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/boletins-mensais-de-energia>>. Acessado em nov. 2022.

CHASIN, A. A. M. [Coord.]. Manual para Elaboração dos Trabalhos de Conclusão de Curso: normas para cursos de graduação e pós-graduação das Faculdades Oswaldo Cruz. São Paulo: Faculdades Oswaldo Cruz, 2012.

EMPLASA, Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo. Cenário regional: região administrativa de Santos. Aspectos físico-ambientais: situação atual. São Paulo: Emplasa, 1992.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Matriz Energética e Elétrica. 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acessado em nov. 2022.

GLOBAL SOLAR ATLAS, Total photovoltaic power output and Global tilted irradiation. Disponível em: < Global Solar Atlas >. Acesso em 07/11/2022.



GONZALEZ, J. Estudo de performance elétrica e financeira de sistema fotovoltaico operando em área costeira: estudo de caso na Baixada Santista, Santos-SP, p. 36, 2021. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20FINAL_J%C3%BAlia%20Gonzalez_compressed.pdf> Acesso em 17/11/2022.

GREENER, Disponível em: <<https://www.greener.com.br/wp-content/uploads/2022/08/Estudo-Estrategico-de-Geracao-Distribuida-2022-1o-semester.pdf>> acesso em nov.2022

PEREIRA, E; Martins, F ; Gonçalves, A ; Costa, R; Lima, F; Rüther, R; Abreu, S; Tiepolo, G; Pereira, S; Souza, J. Atlas s brasileiro de energia solar. 2. ed, São José dos Campos-SP: INPE, 2017. Disponível em: <<http://mtcm21b.sid.inpe.br/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE> > Acesso em 16/11/2022.

PORTAL SOLAR. Energia heliotérmica (termo solar). Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-heliotermica-entenda-como-funciona>. Acesso em: 23 nov. 2022.

PORTAL SOLAR. O que é energia solar? Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/o-que-e-energia-solar.html>. Acesso em: 26 nov. 2022.

Portal Tecnoblog, Energia Solar On Grid e Off Grid. Disponível em: < Qual a diferença entre energia solar on grid e off grid? – Celular – Tecnoblog >. Acesso em: 17/11/2022.

SEADE, Sistema Estadual de Análise de Dados do Estado de São Paulo, Seade Repositório, Seade Municípios, 2021. Disponível em: < <https://www.repositorio.seade.gov.br/dataset/municipios> >. Acesso em: 14/10/2022.

VIAN, Ângelo; TAHAN, Carlos Marcio Vieira; AGUILAR, Guido Javier Rostegui; GOUVEA, Marcos Roberto; GEMIGNANI, Matheus Mingatos Fernandes; "Geração de Energia Solar", p. 11 -32. In: Energia Solar Fundamentos Tecnologia e Aplicações. São Paulo: Blucher, 2021.