

ESTUDO SOBRE NOVAS VARIÁVEIS EM PLANILHAS DE VIABILIZAÇÃO DE PLACAS SOLARES.

Tauan de Jesus Lima¹

Rafael Matheus da Silva Trigo¹

Vitor Gabriel de Jesus Andrade¹

Resumo

Este artigo tem como objetivo abordar as variáveis que podem afetar o desempenho de um sistema fotovoltaico, considerando parâmetros construtivos como inclinação do telhado, posicionamento dos telhados em relação aos pontos cardeais e sombreamento, no orçamento inicial. A negligência destes fatores acaba por ocasionar oscilações relevantes nos custos. Deste modo, propomos o uso de uma planilha como uma ferramenta prática para a avaliação desses parâmetros.

Abstract

This article aims to address the variables that can affect the performance of a photovoltaic system, considering construction parameters such as roof slope, positioning of roofs in relation to cardinal points and shading, in the initial budget. The neglect of these factors ends up causing relevant fluctuations in costs. Thus, we propose the use of a spreadsheet as a practical tool for the evaluation of these parameters.

Palavras-chave

Sistema fotovoltaico; inclinação do telhado; parâmetros construtivos; planilha de avaliação; variáveis de desempenho.

¹Alunos do curso de Edificações do Departamento de Construção Civil, IFBA, campus Salvador.

Artigo apresentado como trabalho de conclusão de curso, para obtenção do título de técnicos em edificações, fazendo parte da banca de avaliação os professores Celso Lásaro de Sousa Filho (orientador), Luanne Bastos de Britto Barbosa e Hercules de Souza.

1.0 INTRODUÇÃO

Este artigo tem como propósito explorar minuciosamente as variáveis construtivas que impactam o desempenho de sistemas fotovoltaicos. Em particular, será dada atenção especial a parâmetros como inclinação do telhado, posicionamento em relação aos pontos cardeais e sombreamento no estágio inicial de orçamentação. A negligência desses fatores pode resultar em oscilações financeiras significativas ao longo do ciclo de vida do sistema, afetando diretamente o retorno do investimento.

Ao contrário de abordagens que se concentram principalmente nos custos iniciais e na eficiência energética, este artigo destaca a importância de considerar as nuances construtivas desde o estágio inicial do projeto. A inclinação adequada ao telhado, a orientação correta em relação aos pontos cardeais e a avaliação cuidadosa do potencial de sombreamento são aspectos cruciais que frequentemente são subestimados, mas que exercem uma influência substancial na eficácia do sistema fotovoltaico.

Além da análise detalhada dessas variáveis construtivas, este artigo propõe uma abordagem prática para avaliação, apresentando a implementação de uma planilha específica. Diferentemente das planilhas convencionais disponíveis na internet, que muitas vezes se limitam a considerar apenas o valor da conta de luz para avaliar o retorno financeiro, nossa proposta visa incorporar de maneira abrangente os elementos construtivos essenciais na análise de viabilidade.

Ao explorar essa abordagem mais abrangente e precisa, este artigo busca oferecer insights valiosos para consumidores, instaladores e planejadores que buscam maximizar não apenas a eficiência energética, mas também o retorno financeiro de seus investimentos em energia solar. Ao considerar uma gama completa de fatores construtivos, a implementação efetiva desses sistemas pode ser otimizada, contribuindo assim para consolidação da energia solar como uma solução sustentável e economicamente vantajosa.

2.0 METODOLOGIA

Para consolidar de maneira abrangente o conteúdo, foram empregadas fontes bibliográficas relevantes ao tema, principalmente provenientes de publicações renomadas, além do acesso às normas da ANEEL. Realizaram-se consultas a reportagens, artigos e documentos de referência, incluindo o atlas de potencial brasileiro de energia solar e eólica.

O propósito da metodologia de pesquisa foi elaborado com caráter exploratório, fundamentando-se na construção de hipóteses por meio de um estudo exploratório e no aprimoramento de ideias anteriores na área de energias renováveis. Essa abordagem pode ser também classificada como descritiva, pois relacionamos variáveis para atingir um resultado específico. A apresentação dos dados apresentados na planilha modelo, obtidos em nossa pesquisa, seguiu uma abordagem quantitativa, uma vez que todos os dados encontrados já eram ou foram convertidos em dados numéricos para compreensão de sua influência na eficiência das placas e na formação da planilha.

3.0 O QUE SÃO OS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Os módulos fotovoltaicos são compostos por células, essas células do módulo fotovoltaico têm por função converter a luz em energia elétrica fazendo com que a corrente elétrica percorra a placa fotovoltaica, que por sua vez são produzidas por silício que combinados com boro e criar uma carga positiva, e outra célula que será combinada com fósforo para criar uma carga positiva, o silício carregado positivamente em contato direto com a placa carregada negativamente permite que a célula de silício reagir com os fótons e produzir energia elétrica.

Dessa forma, para a captação da luz solar, os módulos fotovoltaicos recebem os fótons luminosos gerando energia, no inversor instalado no sistema fotovoltaico, nele ocorre a conversão da corrente contínua recebida do módulo para energia alternada gerando a energia adequada para ser utilizada em aparelhos e eletrodomésticos.

3.1 INCLINAÇÃO DO TELHADO

A inclinação do telhado cuidadosamente ajustada para refletir a latitude específica da região, emerge como um fator determinante na eficiência dos sistemas fotovoltaicos. Considerando as particularidades geográficas, a inclinação ótima varia entre 15 e 40 graus, uma faixa que se revela crucial para maximizar a captação de energia solar. Analisando a orientação norte, por exemplo, em locais como o Rio de Janeiro, onde a latitude é aproximadamente 22°, a inclinação ideal situa-se entre 20° e 24°, uma abordagem que visa otimizar a exposição dos painéis solares ao longo do ano.

Talvez surja o Questionamento, “Como é definida essa inclinação?”, e a resposta é bem simples: essa inclinação deve ser adaptada à latitude específica da região, otimizando a exposição dos painéis ao longo do ano. A latitude afeta a inclinação pois quanto maior for a latitude maior vai ser a dispersão da luz solar, ou seja, quanto mais próximo da linha do equador, menor a latitude e menor a inclinação e vice-versa. Em regiões mais próximas ao equador, como a cidade de Salvador por exemplo, por estar próxima à linha do Equador, a inclinação deve ser ajustada entre 10° e 15°, esta abordagem leva em conta a menor variação na trajetória do sol ao longo do ano devido à proximidade equatorial, minimizando as perdas sazonais e, conseqüentemente, otimizando o rendimento do sistema. Já numa cidade ao sul do Brasil, por exemplo, a inclinação poderia chegar até a 30° por conta da sua distância da Linha do Equador.

Na tabela a seguir, são demonstrados os desempenhos de placas Fotovoltaicas em regiões diferentes do Brasil a única coisa que todas têm em comum é o fato de que consideram sua inclinação da região em que se encontram, e é possível observar que todas acabam por ter um retorno positivo para além de semelhantes mantendo uma produtividade ideal, que seria um painel solar com eficiência de 16,5%/m², o que significa que do total de luz captado pelo módulo 16,5% será a geração de eletricidade para o consumo.

Tabela 1 – Parâmetros

Tabela 1 – Parâmetros de desempenho de um sistema fotovoltaico de referência de 1500 W_p, com inclinação igual à latitude local e ângulo azimutal 0°.

Cidade	Latitude	Energia Anual (kWh)	Produtividade (kWh/kW _p)	Taxa de desempenho	Fator de capacidade (%)
Santa Maria - RS	29,7°S	2047	1362	0,78	15,5
Curitiba - PR	25,52°S	1920	1277	0,78	14,6
São Paulo - SP	23,62°S	2079	1383	0,77	15,8
Rio de Janeiro - RJ	22,9°S	2276	1514	0,77	17,3
Campo Grande - MS	20,47°S	2364	1573	0,77	18,0
Belo Horizonte - MG	19,85°S	2341	1558	0,76	17,8
Brasília - DF	15,87°S	2379	1583	0,77	18,1
Bom Jesus da Lapa - BA	13,27°S	2463	1639	0,74	18,7
Fortaleza - CE	3,78°S	2326	1548	0,77	17,7
Manaus - AM	3,13°S	1933	1286	0,73	14,7

GASPARIN, F. P.; KRENZINGER, A. Desempenho de um sistema fotovoltaico em dez cidades brasileiras com diferentes orientações do painel. *Revista Brasileira de Energia Solar*, v. 8, n. 1, p. 10-17, julho de 2017. Acesso em: 14 de novembro de 2023.

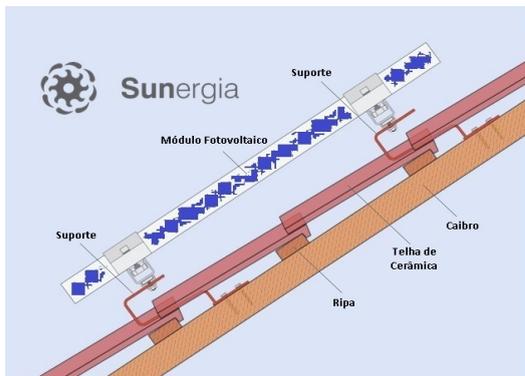
Entretanto, é vital notar que a flexibilidade no alinhamento não impede a instalação eficaz de módulos em outras orientações. Caso a face do telhado não esteja voltada ao norte, a perda de eficiência é atenuada, especialmente se a inclinação for mantida baixa. Em situações onde as construções não apresentam uma face ao norte, direções como noroeste ou nordeste podem ser consideradas, com perdas estimadas entre 3% e 8%, conforme as condições construtivas. Enquanto isso, os telhados com a face apontada para Leste ou Oeste apresentam uma perda de 12 a 20%.

Esses valores refinados, combinados com a consideração de estruturas específicas de telhado e a necessidade de integrar estrategicamente os sistemas fotovoltaicos, representam uma abordagem holística para maximizar a eficiência energética.

3.2 ESTRUTURA DO TELHADO E TIPO DE TELHAS

A eficiência de um sistema fotovoltaico não está apenas ligada à inclinação do telhado, mas também à estrutura da própria cobertura e ao tipo de telhas utilizadas. A capacidade da estrutura do telhado em suportar o peso dos painéis solares, resistir a ventos e intempéries é fundamental para a durabilidade e segurança do sistema.

Imagem 1 – Instalação do módulo



SUNERGIA. Como é feita a instalação do módulo fotovoltaico no telhado. Blog Sunergia. Disponível em: <https://sunergia.com.br/blog/como-e-feita-a-instalacao-do-modulo-fotovoltaico-no-telhado/>. Acesso em: 16 de novembro de 2023.

As coberturas de telha metálica, comuns em ambientes comerciais e industriais, destacam-se pela facilidade de fixação dos painéis. Sua resistência contribui para a segurança na instalação, tornando-as uma escolha viável para projetos dessa natureza.

Para telhas de barro e concreto, frequentemente encontradas em ambientes residenciais, é necessário um cuidado especial na fixação dos trilhos que sustentarão as placas solares. A diversidade de estruturas disponíveis, adaptáveis a esses modelos de telhas, oferece versatilidade para simplificar o processo de instalação.

Imagem 2 – Estrutura em concreto



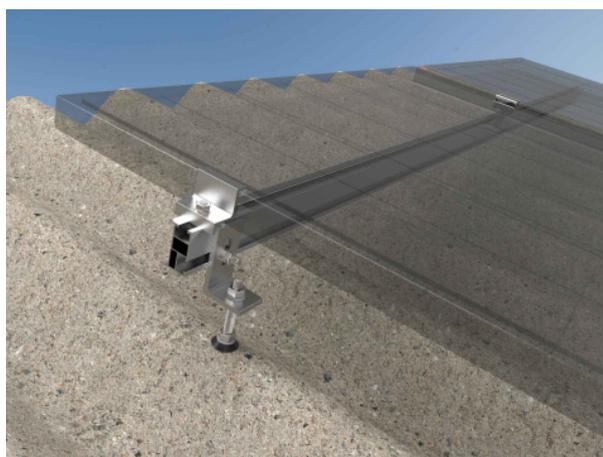
SIARA. Kit Estrutura de Concreto para Painel Fotovoltaico para Laje. Siara. Disponível em: <https://siara.com.br/produto/kit-estrutura-de-concreto-para-painel-fotovoltaico-para-laje/>. Acesso em: 16 de novembro de 2023.

Coberturas planas, como telhas pré-fabricadas em concreto e lajes, apresentam uma superfície propícia para a instalação de painéis solares. Os sistemas de fixação específicos

para essas coberturas compensam a pouca inclinação, assegurando a melhor incidência solar possível.

Telhas de fibrocimento, popularmente conhecidas como "Eternit", são comuns tanto em ambientes comerciais quanto residenciais. A escolha da estrutura adequada depende da fixação das telhas sobre estruturas de madeira ou metal, e a avaliação cuidadosa determina os parafusos corretos para cada material.

Imagem 3 – Suporte



ALU-CEK. Suporte para Telhado de Fibrocimento para Painéis Fotovoltaicos. ALU-CEK Loja Online. Disponível em:
<https://loja.alu-cek.com.br/produto/suporte-para-telhado-de-fibrocimento-para-paineis-fotovoltaicos/>.
Acesso em: 16 de novembro de 2023.

Ao considerar a complexidade dessas variáveis construtivas, é imprescindível ressaltar que a escolha adequada da estrutura do telhado e do tipo de telhas é um fator crítico para assegurar a durabilidade e segurança do sistema fotovoltaico evitando acidentes e prejuízos. Essa análise integrada não apenas maximiza a eficiência energética, mas também contribui para a sustentabilidade financeira do investimento em energia solar.

3.3 POSICIONAMENTO DOS TELHADOS EM RELAÇÃO AOS PONTOS CARDEAIS

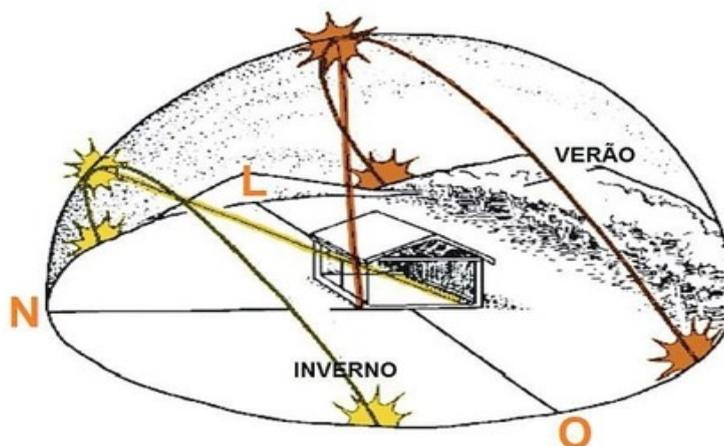
O posicionamento dos telhados em relação aos pontos cardeais se caracteriza como fator primário e determinante para uma maior eficiência do sistema, por ter influência direta na quantidade de irradiação que os painéis receberão ao longo do dia, sendo este um fator crítico. Pelo fato do sol do sol nascer a leste, alcançando sua elevação máxima enquanto se desloca na direção norte se pondo a oeste se faz ideal a instalação das placas solares orientadas ao norte

geográfico, se demonstrando ser a orientação com menor perda por estar sob as incidência dos raios do sol desde seu nascer (ao leste) até o momento que o mesmo se põe (a Oeste), e dessa forma, telhados voltados para o norte captam a luz do sol durante todo o dia.

Utilizando uma orientação para nordeste ou noroeste podem ser percebidos perdas bem pequenas que podem variar entre 3% e 8%, nessas situações durante um período do dia a irradiação solar sobre a placa será mitigada por conta da orientação

Em casos de uma orientação a leste ou oeste, as perdas podem aumentar e variar entre 12% e 20% , passando a ter perda significativa na sua eficiência, já neste caso a incidência pode chegar a ser quase nula durante uma pequena parte do dia a depender do sentido que foi orientado a placa. É válido considerar que, em algumas situações um ajuste, redirecionamento para leste ou para oeste em relação ao posicionamento geográfico do telhado pode aumentar na captação dos raios solares.

Imagem 4 – Direção do painel



PORTAL SOLAR. A melhor direção do painel solar fotovoltaico. 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em: 14 de novembro de 2023.

Quando é adotado orientação a sul as perdas tornam o sistema extremamente inviável, o posicionamento do telhado faz com que as placas estejam por quase todo o dia contrária à irradiação solar, dessa forma nunca alcançando 100% de sua capacidade de geração de energia.

3.4 SOMBREAMENTO

Conforme destacado por Zomer (2013), o sombreamento pode ser originado tanto pela obstrução da radiação direta quanto pela desigualdade na irradiação difusa que incide nos módulos solares. Dentre os fatores que resultam na diminuição da incidência de radiação, o sombreamento, seja parcial ou total sobre os módulos, é identificado como a principal causa da redução na corrente gerada.

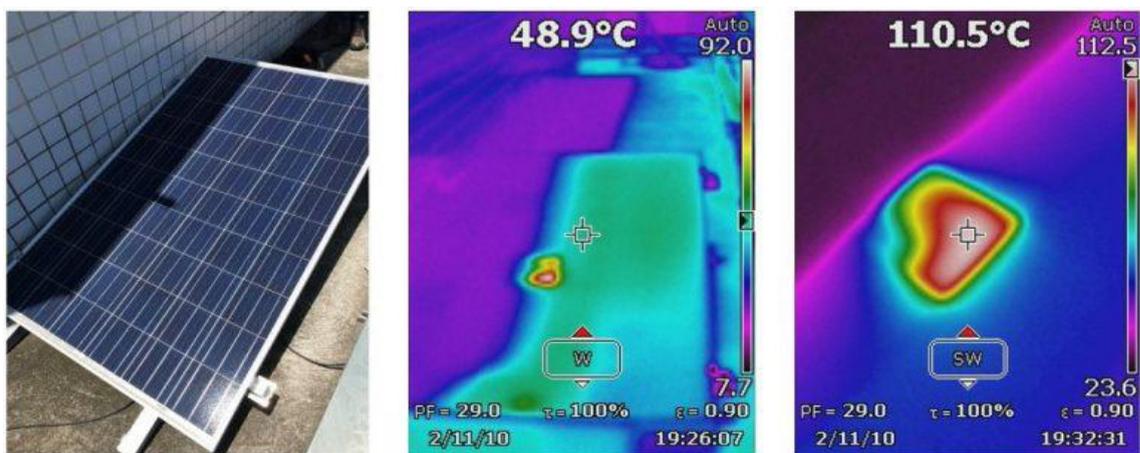
Em instalações típicas, a principal origem de sombreamento é atribuída a elementos como árvores, caixas d'água ou prédios próximos. Quando um módulo fotovoltaico está sujeito a um cenário de sombreamento total, a corrente produzida tende a se aproximar de zero. Em situações em que as placas solares estão interligadas em série e um módulo é sombreado, a corrente de toda a sequência é impactada, restringindo assim a corrente de todo o conjunto.

Além da perda de potência, o sombreamento pode acarretar outros problemas no sistema, como o surgimento de hotspots, instabilidade do Ponto de Máxima Potência (MPPT) e redução na tensão de máxima potência (Zomer, 2013).

Também chamado de “pontos quentes” entre os problemas comuns, hotspot é um problema que tem uma causa simples, mas que pode danificar por completo a célula fotovoltaica.

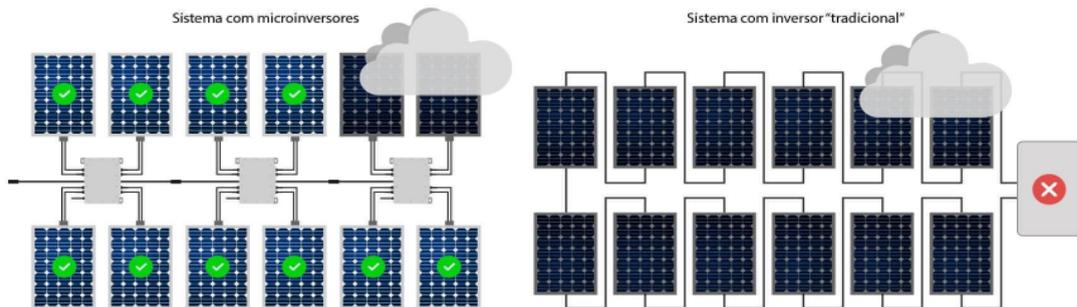
Quando se é criado um sombreamento parcial sobre o módulo fotovoltaico, ocorre um aumento da tensão sobre aquele ponto e o que pode levar a uma sobrecarga e o danificamento de toda a placa solar e comprometendo o funcionamento das demais placas no sistema, de modo a se evitar o possível problema deve ser utilizado um sistema de placas em paralelo, sendo alternada entre as placas por um diodo bypass, que terá por função identificar o aumento da tensão sobre a placa que estará sombreada e vedará o seu funcionamento e passará a substituí-lo conduzindo a energia que passaria por aquela parte do sistema, evitando o superaquecimento da placa, o danificamento do mesmo e o comprometimento do sistema.

Imagem 5, 6 e 7 – Comparação de temperatura



Para mitigar as perdas decorrentes do sombreamento, é possível empregar módulos equipados com diodos de bypass. Esses diodos têm a função de proteger as células fotovoltaicas contra correntes reversas. Em condições normais de operação, quando não há sombreamento, os diodos permanecem em estado reversamente polarizado e não conduzem corrente. No entanto, quando ocorre sombreamento em uma célula, as células não sombreadas do grupo geram uma corrente reversa, polarizando os diodos de bypass. Dessa maneira, a corrente deixa de passar pelas células sombreadas, sendo conduzida pelo diodo.

Imagem 8 – Comparação de funcionamento



4.0 Modelos e soluções

Para demonstrar de forma mais clara como vislumbramos uma planilha ideal, aquela que leva em consideração a importância dos aspectos informados neste artigo, criamos um modelo simples para servir de base. A seguir será demonstrado um pouco de sua construção e fórmulas.

4.1 Modelo de fórmulas proposta

As fórmulas utilizadas na planilha modelo foram idealizadas de forma que mantivesse a proposta das planilhas já encontradas (entregar o resultado de retorno financeiro), porém considerando as perdas (em porcentagem) pelos aspectos discutidos no artigo (sombreamento, inclinação, orientação, temperatura). A seguir segue as fórmulas destrinchadas.

4.1.1 Quantidade de placas necessárias

$$\frac{CM+(PPS+PPO+PPT+PPI)}{PMP} = NP$$

Onde,

- CM= Consumo médio
- PPS= Perdas por sombreamento (em porcentagem)
- PPI= Perdas por inclinação (em porcentagem)
- PPO= Perdas por orientação (em porcentagem)
- PPT= Perdas por temperatura (em porcentagem)
- PMP = Produção média das placas
- NP= Número de Placas

4.1.2 - Retorno do investimento

$$\frac{(NP \cdot VCI) \times 0,5\% \cdot a \cdot a}{CM \cdot T} = RI$$

Onde,

NP= Número de Placas

VCI= Valor de Compra/Instalação

CM= Consumo médio

T= Tarifa

0,5% = Estimativa de gasto com manutenção

RI= Retorno do Investimento

4.2 modelo final da planilha proposta

PLANILHA DE RETORNO ESPECÍFICA				
Dados: INSIRA O VALOR EQUIVALENTE A SUA SITUAÇÃO			Ferramenta de estimativa de retorno	
Consumo médio de energia	Perdas pelo Nível de sombreamento(EM%)	Perdas pela Orientação do telhado(EM%)	Retorno previsto do investimento(em anos):	20,32
90,00kw	20	8	Placas necessárias:	2
Parâmetros:	Nível de sombreamento	Orientação do telhado		
INSIRA AS VARIÁVEIS	SOMBRA EM 50% DO DIA	NORTE		

4.3 Como utilizar a planilha:

Passo 1: Inserir o consumo médio residencial dos últimos 6 meses baseado na sua conta de energia.

Planilha 2 – Consumo médio

PLANILHA DE RETORNO ESPECÍFICA				
Dados: INSIRA O VALOR EQUIVALENTE A SUA SITUAÇÃO			Ferramenta de estimativa de retorno	
Consumo médio de energia	Perdas pelo Nível de sombreamento(EM%)	Perdas pela Orientação do telhado(EM%)	Retorno previsto do investimento(em anos):	19,75
90,00kw	0	8	Placas necessárias:	2
Parâmetros:	Nível de sombreamento	Orientação do telhado		
INSIRA AS VARIÁVEIS	SEM SOMBRA	NORTE		

Passo 2: Selecionar o nível de sombreamento com base nos valores apresentados para

sombreamento na tabela abaixo (20%, 50% ou 0).

Planilha 3 – Nível de sombreamento

PLANILHA DE RETORNO ESPECÍFICA				
Dados: INSIRA O VALOR EQUIVALENTE A SUA SITUAÇÃO			Ferramenta de estimativa de retorno	
Consumo médio de energia	Perdas pelo Nível de sombreamento(EM%)	Perdas pela Orientação do telhado(EM%)	Retorno previsto do investimento(em anos):	21,52
90,00kw	20	50	Placas necessárias:	3
Parâmetros:	Nível de sombreamento	Orientação do telhado		
INSIRA AS VARIÁVEIS	SOMBRA EM 50% DO DIA	SUL		
	SEM SOMBRA			
	SOMBRA EM 25% DO DIA			
	SOMBRA EM 50% DO DIA			



Passo 3: Selecionar a orientação do telhado baseado no norte geográfico.

Planilha 4 – Orientação do telhado

PLANILHA DE RETORNO ESPECÍFICA				
Dados: INSIRA O VALOR EQUIVALENTE A SUA SITUAÇÃO			Ferramenta de estimativa de retorno	
Consumo médio de energia	Perdas pelo Nível de sombreamento(EM%)	Perdas pela Orientação do telhado(EM%)	Retorno previsto do investimento(em anos):	21,52
90,00kw	20	50	Placas necessárias:	3
Parâmetros:	Nível de sombreamento	Orientação do telhado		
INSIRA AS VARIÁVEIS	SOMBRA EM 50% DO DIA	SUL		
		NORTE		
		SUL		
		LESTE		
		OESTE		



4.4 Caso hipotético

No exemplo proposto consideramos uma residência na região metropolitana de Salvador que tem um consumo médio mensal na casa dos 90 KWH, levando em consideração os seguintes parâmetros de dados:

Planilha 1 – Dados

DADOS VOLÁTEIS			
Dados: INSIRA O VALOR EQUIVALENTE A SUA SITUAÇÃO			
Valor de compra e instalação individual de placas	Valor da tarifa	valor da estrutura:	consumo mínimo em 20 anos:
R\$ 1.280,00	R\$ 0,746	R\$ 5.000,00	R\$ 7.500,00

A primeira situação é a considerada “situação ideal”, onde o telhado está orientado para o norte geográfico e a residência não possui sombreamento ao longo do dia

PLANILHA DE RETORNO ESPECÍFICA				
Dados: INSIRA O VALOR EQUIVALENTE A SUA SITUAÇÃO			Ferramenta de estimativa de retorno	
Consumo médio de energia	Perdas pelo Nível de sombreamento(EM%)	Perdas pela Orientação do telhado(EM%)	Retorno previsto do investimento(em anos):	
90,00kw	0	8	Placas necessárias:	19,75 2
Parâmetros:	Nível de sombreamento	Orientação do telhado		
INSIRA AS VARIÁVEIS	SEM SOMBRA	NORTE		

→ Na segunda situação a orientação segue a mesma, porém a residência se encontra sombreada em 50% do dia.

PLANILHA DE RETORNO ESPECÍFICA				
Dados: INSIRA O VALOR EQUIVALENTE A SUA SITUAÇÃO			Ferramenta de estimativa de retorno	
Consumo médio de energia	Perdas pelo Nível de sombreamento(EM%)	Perdas pela Orientação do telhado(EM%)	Retorno previsto do investimento(em anos):	
90,00kw	20	8	Placas necessárias:	20,32 2
Parâmetros:	Nível de sombreamento	Orientação do telhado		
INSIRA AS VARIÁVEIS	SOMBRA EM 50% DO DIA	NORTE		

→ Na terceira situação estaríamos trabalhando com a pior hipótese, onde além de se encontrar sombreada em 50% do dia a residência teria sua orientação voltada para o sul geográfico.

PLANILHA DE RETORNO ESPECÍFICA				
Dados: INSIRA O VALOR EQUIVALENTE A SUA SITUAÇÃO			Ferramenta de estimativa de retorno	
Consumo médio de energia	Perdas pelo Nível de sombreamento(EM%)	Perdas pela Orientação do telhado(EM%)	Retorno previsto do investimento(em anos):	21,52
90,00kw	20	50	Placas necessárias:	3
Parâmetros:	Nível de sombreamento	Orientação do telhado		
INSIRA AS VARIÁVEIS	SOMBRA EM 50% DO DIA	SUL		

Podemos demonstrar então que a mesma residência, quando levado em consideração os parâmetros apontados nesse artigo, tem previsão de retornos diferentes, cerca de 8,96% da hipótese ideal para a hipótese mais extrema e um aumento de um painel para a mesma situação. Revelando assim a importância de se levar em consideração esses aspectos que são geralmente negligenciados

Resultados

O uso da planilha proposta permitirá aos proprietários de residências avaliar de forma mais precisa o potencial de geração de energia solar e os custos associados à instalação de sistemas fotovoltaicos. Ao considerar esses parâmetros construtivos no orçamento inicial, os proprietários podem evitar custos imprevistos e tomar decisões mais informadas sobre a implementação da energia solar em suas residências.

Conclusão

A instalação de um sistemas fotovoltaico em residências é uma maneira eficaz de se utilizar de uma energia acessível e limpa através da energia solar, podendo dessa forma reduzir os impostos cobrados de tarifas do fornecimento da fonte de energia principal.

Considerando de forma cuidadosa no momento da instalação desse aparelho, alguns fatores que devem ser tratados com relevância para a eficácia e bom retorno do aparelho instalado, aspectos como o sombreamento, posicionamento solar, inclinação do telhado e sua orientação

são fundamentais para que o aparelho possa estar posicionado e pronto para receber o máximo da irradiação que o sol possa oferecer ao decorrer do dia desde seu início e sem interrupções.

Cada aspecto ao ser desconsiderado carrega consigo uma perda que ao serem acumuladas limitaram a capacidade a placa fotovoltaica de produzir energia tornando o sistema cada vez menos eficaz.

Outros aspectos como a estrutura do telhado ou o tipo de telha, que estão ali presentes em toda a estrutura que será montada e poderá facilitar a instalação do equipamento, propiciando uma superfície adequada para a instalação do sistema e atribuindo ao mesmo resistência, durabilidade e a inclinação necessária para o bom funcionamento

A utilização da planilha proposta poderá auxiliar aos proprietários a tomada de decisões mais informada que poderão julgar o próprio projeto com mais ciência e maximizar a eficiência dos seus sistemas fotovoltaicos. Ao considerar esses fatores, podemos avançar em direção a uma utilização mais eficaz e sustentável da energia solar em residências.

Segue em anexo Link para acesso a planilha:
[+ PLANILHA TCC RAFAEL MATHEUS, VITOR GABRIEL E TAUAN LIMA ATUAL...](#)

Referências

- Oliveira, A. C. F., & Freire, S. M. G. (2016). **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. LTC Editora.
- Antunes, J. (2019). **Energia Solar Fotovoltaica: Princípios e Aplicações**. Novatec Editora.
- Borelli, M. A., & Andreotti, C. (2017). **Energia Solar Fotovoltaica: Teoria e Prática**. Érica Editora.
- Dallari, G. (2018). **Energia Solar Fotovoltaica: Manual Prático de Instalação e Projeto**. GEN Grupo Editorial Nacional.
- Júdice, F. P., & Santos, R. C. (2021). **Energia Solar Fotovoltaica: Teoria e Prática. Interciência**.
- ZOMER, Clarissa Debiazi et al. **Método de estimativa da influência do sombreamento parcial na geração energética de sistemas solares fotovoltaicos integrados em edificações**. 2014.
- RODRIGUES, M. De J. Dos S., et. al. **Resultados experimentais de sombreamento parcial em módulos fotovoltaicos**. Gramado: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018.

-
- MELO, Emerson Gonçalves de. **Geração solar fotovoltaica: estimativa do fator de sombreamento e irradiação em modelos tridimensionais de edificações.** 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
-
- COSTA, gabriella luiza. **Perdas por sombreamentos em um gerador fotovoltaico típico instalado sobre aviário: um estudo de caso voltado à discussão de pontos críticos para um melhor aproveitamento energético.** 2021. TCC. Universidade Federal do Paraná.
-
- COLAFERRO, José Renato Q. **Retorno do Investimento em Energia Solar: 5 Variáveis Essenciais que Você Deve Saber.** blog.bluesol.com.br. 2023.
-
- PORTAL SOLAR. **Tudo sobre a eficiência do painel solar.** Acesso em: 18 nov. 2023, Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficienciado-painel-solar.html>.
-
- IMPERIO SOLAR. **Perda de energia devido à temperatura nos painéis fotovoltaicos.** Acesso em: 18 nov. 2023, Disponível em: <https://imperiosolar.com.br/perda-de-energia-devido-a-temperatura-nos-paineis-fotovoltaicos/>