Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2023
ISSN 2178-6925

ESTUDO DA VIABILIDADE FINANCEIRA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM GOIANORTE TOCANTINS

FINANCIAL FEASIBILITY STUDY FOR IMPLEMENTING PHOTOVOLTAIC MODULES IN A SINGLE-FAMILY RESIDENCE IN GOIANORTE TOCANTINS

Lázaro Lourenço Neto
Acadêmico em Engenharia Civil, IESC/FAG- Faculdade Guaraí, Brasil
E-mail: lazarol.neto@hotmail.com
Emanoela Rodrigues Marcelino
Acadêmica em Engenharia Civil, CEULP- Ulbra, Brasil
E-mail: emanoelarodr@gmail.com
Karla Cristina Bentes Moreira
Mestranda em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGECiv) UFSCar; Docente da IESC/FAG, Brasil
E-mail: karla.moreira@iescfag.edu.br
Fernando Moreno Suarte Júnior
Eng. Civil, Arquiteto e Urbanista, Mestre em Engenharia Ambiental, UFT, Brasil
E-mail: fernandosuarte@yahoo.com.br

Resumo

A implementação de energia solar segue tornando-se mais recorrente a cada ano. O consumidor nota os recorrentes aumentos do valor do kilowatt (kW) na conta de energia. Esse artigo tem como objetivo fazer um levantamento da implementação de módulos fotovoltaicos em uma casa de padrão residencial unifamiliar, no município de Goianorte no estado do Tocantins. Para atender os objetivos foi realizada uma revisão bibliográfica, que tem como premissa reunir artigos científicos relevantes referentes ao tema, além de um estudo de caso para coleta de informações e comparações. Para atender a narrativa foi realizada uma descrição das principais fontes geradoras de energia e os principais pontos positivos da implementação da energia solar utilizando-se de pesquisas publicadas em periódicos no período entre janeiro e agosto de 2023. Os resultados

apontaram que é vantajoso a implementação desse sistema, principalmente quando se trata de um pensamento a longo prazo. A reflexão acerca da poluição e impactos gerados para a geração de energia são de extrema importância. Atualmente é notório alguns desses impactos, o efeito estufa, por exemplo, é gerado pela emissão de gás carbônico na atmosfera. Considerando a temática, este pode ser gerado pela combustão para geração de energia termoelétrica. Por fim, o trabalho apontará um levantamento e meios comparativos sobre a implementação de energia solar em uma residência, onde foram implementadas 13 placas solares, bem como valores de investimento e seu tempo de retorno.

Palavras-chave: Energia Solar; Viabilidade de Energia Solar; Energia Solar fotovoltaica;

Abstract

The implementation of solar energy continues to become more recurrent each year. The consumer notices the recurring increases in the value of Kilowatt (kW) on the energy bill. This article aims to survey the implementation of photovoltaic modules in a single-family residential standard house in the municipality of Goianorte in the state of Tocantins. To meet the objectives, a bibliographic review was carried out, which has the premise of gathering relevant scientific articles on the subject, in addition to a case study to collect information and comparisons. To meet the narrative, a description of the main energy generating sources and the main positive points of the implementation of solar energy was carried out using research published in journals in the period between January and August 2023. The results indicated that it is advantageous to implement this system, especially when it comes to long-term thinking. Reflection on pollution and impacts generated for energy generation are extremely important. Currently, some of these impacts are notorious, the greenhouse effect, for example, is generated by the emission of carbon dioxide into the atmosphere. Considering the theme, this can be generated by combustion to generate thermoelectric energy. Finally, the work will point out a survey and comparative means on the implementation of solar energy in a residence, where 13 solar panels were implemented, as well as investment values and their payback time.

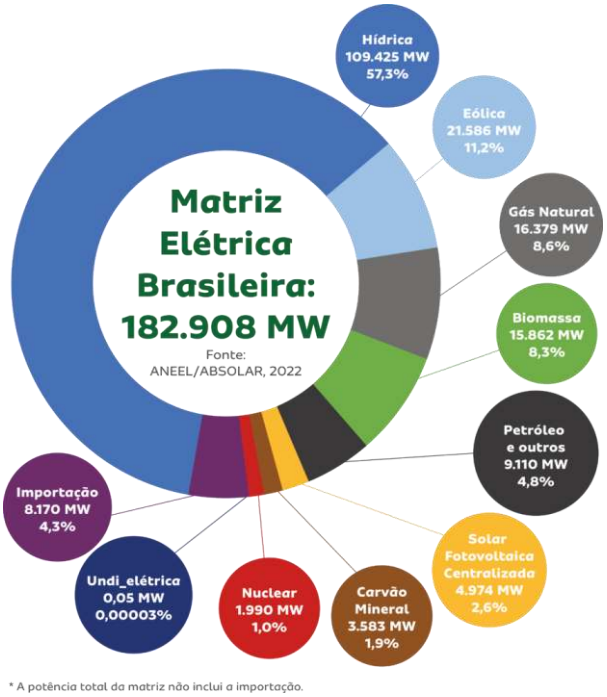
Keys Words: Solar energy; Feasibility of Solar Energy; Solar photovoltaic energy;

1. Introdução

Nos últimos 40 anos foram notáveis as preocupações com as questões ambientais, inclusive estudos sobre esses problemas estão crescendo mundialmente. As diferentes fontes de energia não renováveis causam dependência de condições climáticas, emissão de gases poluentes, elevado custo de implantação, produção e consequentemente elevam o custo do consumidor (PANG *et al.,* 2019). No Brasil a maior quantidade de energia produzida é renovável, provendo a geração interna utilizando de recursos hídricos Teixeira, Carvalho e De Melo Leite (2012).

A matriz energética do Brasil é composta predominantemente por energia hídrica. O gráfico 1, apresentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica e pela Associação Brasileira de Energia Fotovoltaica mostra as principais fontes geradoras de energia elétrica no Basil.

Gráfico 1- Fontes de Matriz Elétrica Brasileira.



Fonte: Agência Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (2022)

A insuficiência na geração de energia do setor hidroelétrico causados pela diminuição das chuvas, principalmente no estado de São Paulo, tem sido a motivação na busca de novos meios de produção. Além desse fator outro impulsionador é a busca por fontes de energia que contribuam para o desenvolvimento do planeta e que sejam sustentáveis. (ALMEIDA *et al*., 2016).

Comparando potencial enérgico do Brasil com o da Alemanha pode-se concluir que o potencial nacional é elevado, tendo em vista que o clima que prevalece é o tropical. Comprando-se o Brasil com a Alemanha é possível constatar que mesmo no local com menor incidência solar nacional consegue gerar mais energia solar que o mais ensolarado local alemão. (PEREIRA *et al*., 2017).

Diante do exposto surge a seguinte problemática: É vantajoso a instalação de placas solarem em casas de padrão residencial?

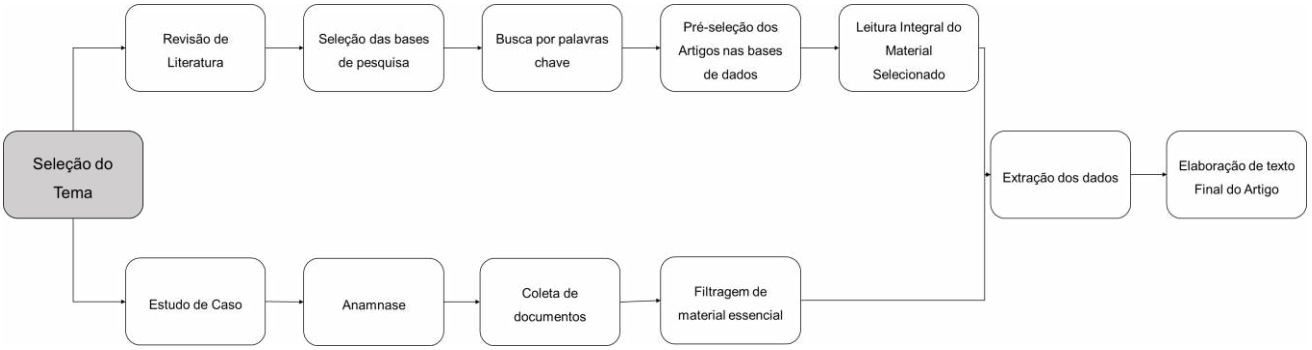
Desta forma, justifica-se o presente estudo pela necessidade de estudos direcionados para o tema a fim de sanar as dúvidas da comunidade que deseja

investir e economizar com energia solar. O presente trabalho tem o objetivo de apresentar um estudo financeiro da implementação de energia fotovoltaica em residência unifamiliar em Goianorte-TO.

2. Metodologia

A pesquisa é um estudo de caso com resultados de caráter qualitativos e quantitativos fundamentados também por meio de referencial teórico. A pesquisa bibliográfica foi realizada de forma contínua desde o início até o fim do trabalho. Através dela buscou-se conhecimentos sobre a Energia Solar e os meios geradores de Energia no Brasil. A análise referencial foi feita de forma descritiva, buscando descrever os benefícios da implementação de módulos fotovoltaicos em uma casa. A pesquisa descritiva inclui um estudo observacional, onde se compara dois grupos similares, sendo assim, o processo descritivo visa à identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo. A grande contribuição da pesquisa descritiva é proporcionar novas visões sobre uma realidade já conhecida (Nunes *et al.* 2016). A pesquisa foi realizada entre janeiro e agosto de 2023. As bases pesquisadas foram *Google Scholar* e *Scielo*. As palavras-chave utilizadas para pesquisa foram: “Energia Solar”, “Energia Solar em casas”, “impactos econômicos da energia solar”. As publicações levadas em consideração para seleção de material deste artigo, foram materiais publicados majoritariamente nos últimos 15 anos. Além da pesquisa bibliográfica foi feito um estudo de caso, onde foram coletados documentos, fotos e dados. A pré-seleção dos textos de referência foi realizada por meio de análise de título e palavras-chave, seguido da seleção por meio do resumo e introdução. A partir da seleção, foram identificados os textos de relevância para a pesquisa e realizada sua leitura de forma integral. A coleta de dados do estudo de caso foi feita documentalmente, a partir do histórico de consumo apresentado nos talões de energia e os dados da implantação do sistema retirados do contrato. Na figura 1 estão descritos os procedimentos metodológicos realizados na presente pesquisa.

Figura 1- Fluxograma dos procedimentos metodológicos.



Fonte: Autores (2023).

A seleção do tema foi diante da atual crise hídrica a qual o Brasil enfrenta, sendo uma das maiores enfrentadas nos últimos tempos, reduzindo a capacidade a capacidade dos reservatórios, nossa principal fonte de energia (MOURA, 2022). Esse fator está diretamente associado à crescente demanda pela aquisição de sistemas fotovoltaicos. As fontes de dados selecionadas foram escolhidas com base nas que mais se tinham contato e na quantidade de material disponível. Realizou-se primeiramente a coleta dos dados por meio do histórico de cobrança de energia antes e depois da instalação sistema e do contrato de prestação de serviços.

A revisão de literatura, foi feita realizando-se a leitura dos títulos dos materiais, observando a concordância com o assunto a ser abordado. Na etapa de pré-seleção 40 documentos entre artigos científicos, dissertações e teses foram selecionados. A seleção aconteceu a partir da leitura do resumo e introdução, sendo constatado sua relevância para o tema proposto, só assim o documento era lido de forma integral. Nesta etapa foram selecionados 19 documentos entre artigos científicos, dissertações e teses para leitura integral e seguiu-se para a etapa final de extração de dados. O estudo de caso foi feito com base em uma entrevista com os proprietários e da coleta de documentos de medição de consumo, a filtragem dos documentos foi feita de forma a serem usados somente os dados mais recentes. As duas abordagens aconteceram de forma análoga para a melhor construção do texto

3. O estudo de caso

O caso apresentado para o presente artigo é um sistema fotovoltaico desenvolvido para uma casa no município de Goianorte-TO, situado no estado do

Tocantins, sob as coordenadas latitude 08º46'33" sul e longitude 48º55'54" oeste, onde o imóvel trata-se de um sobrado composto por 3 suítes, 2 banheiros sociais, sala ampla, cozinha, área gourmet, piscina e um depósito. O telhado é composto de telhas de fibrocimento com uma declividade unilateral de 15°. A foto 1 mostra a vista aérea pelo google *maps*.

Foto 1- Vista aérea.



Fonte: *Google Maps (*2023).

Para entender melhor a necessidade da implementação do sistema fez-se uma análise do histórico de consumo e o valor pago em cada mês no ano de 2022, tendo em vista calcular o consumo médio, e a média gasta para pagar cada fatura. O Quadro 1 mostra a quantidade de kW consumidos a cada mês o respectivo valor pago.

Quadro 1- Análise de consumo e valor pago.

2022		
Mês	Consumo (kW)	Valor Pago (R$)
Janeiro	538	641,04
Fevereiro	414	496,69
Março	448	537,63
Abril	406	486,77
Maio	545	539,01
Junho	453	458,06
Julho	619	606,12

Agosto	511	506,36
Setembro	523	521,21
Outubro	804	834,97
Novembro	616	646,4
Dezembro	574	605,77

Fonte: Autores (2023)

Com isso, fazendo-se uma média simples é possível arbitrar que o consumo médio ao decorrer de um ano foi de 537,37 kW, tendo maior consumos nos meses de julho e outubro. A média dos maiores consumos foi de 616 kW sendo os meses de outubro, julho, novembro, dezembro, maio e janeiro, em ordem decrescente de consumo. Com consumo médio referente ao primeiro semestre foi de 467,33 kW que comparado ao do segundo semestre que foi de 607,83 kW, é possível notar que o maior consumo está relacionado a alguns fatores. O primeiro fator a ser citado é que de julho a outubro as temperaturas aumentam, o que impulsiona o uso do ar-condicionado, após isso ocorre a estação chuvosa da região, o que gera maior utilização dos chuveiros elétricos, esses dois equipamentos são os principais responsáveis pelo aumento no consumo de energia elétrica.

Tratando-se dos valores pagos, o Quadro 2 mostra uma relação entre o mês e o valor pago por kW, fazendo-se assim um comparativo direto entre os meses do ano e o respectivo valor cobrado.

Quadro 2 – Valor do kW referente ao ano de 2022.

Valor do kW por mês	
Mês	Valor Cobrado por kW.
Janeiro	1,191524164
Fevereiro	1,1997343
Março	1,200066964
Abril	1,198940887
Maio	0,989009174
Junho	1,011169978
Julho	0,979192246
Agosto	0,990919765
Setembro	0,996577438
Outubro	1,0385199
Novembro	1,049350649

Dezembro	1,055348432

Fonte: Autores (2023).

Quando se trata de valores, a média anual gasta no ano de 2022 foi de R$573,33. Porém quando se analisa a média referente aos seis meses de maior consumo pode-se inferir que a média aumenta em cerca de 12.6%, subindo para o valor de R$ 645,55. Outro fator que deve ser levado em conta na hora de analisar-se o preço do kilowatt (kW) é a utilização das bandeiras. Criado pela Aneel, o sistema de bandeiras tarifárias aponta o custo real da energia produzida, deixando os consumidores responderem ao sinal de preço reduzindo o consumo ou indo atrás de outras soluções, como a troca de equipamentos ou geração própria de energia usando outros recursos, como a energia solar fotovoltaica. (PORTAL SOLAR, 2021).

Segundo o site do governo federal para cada bandeira é cobrado uma quantia a mais por kWh, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3- Bandeiras Tarifárias.

Bandeira Tarifária	Quantidade a mais cobrada por kWh
Verde	Não sofre acréscimo
Amarela	R$ 0,01874
Vermelha patamar 1	R$ 0,03971
Vermelha patamar 2	R$ 0,09492
Escassez hídrica	R$ 0,142

Fonte: Adaptado de Governo Federal (2022).

Tendo-se como vista o alto consumo de energia pela residência, variabilidade do preço do Kilowatt e o preço que vinham os talões de energia os proprietários optaram pela instalação da energia solar, visando a economia planejada a longo prazo.

4. Implementação do Sistema

Um dos principais empecilhos para o aumento da utilização de painéis fotovoltaicos em unidades consumidoras residenciais e comerciais de pequeno

porte no Brasil é o alto investimento inicial, que é mais elevado principalmente, na confecção da infraestrutura de geração (NASCIMENTO, 2018). No caso de estudo, a residência fez um investimento de R$ 24.000,00 (vinte e quatro mil reais), onde foram instaladas 13 placas, sendo essas capazes de produzir 730 kW/mês em média anual. A foto 2 mostra os painéis instalados e em pleno funcionamento.

Foto 2- Painéis Instalados.



Fonte: Autores (2023)

No Brasil, desde 2012, com a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, o pequeno produtor pode injetar a energia produzida de forma renovável na rede, porém não recebe pela produção excedente. Além da tarifa da energia produzida pelo pequeno produtor e da rede pública serem a mesma, a pessoa física com esse sistema instalado em sua casa não recebe pelo excedente gerado. Segundo essa Resolução Normativa, o excedente gerado se torna créditos que expiram em 36 meses. (MACHADO, 2014).

O sistema foi implementado em março de 2023, onde a partir desse momento começou a injetar o excedente produzido na rede elétrica, mas para efeitos comparativos, o mês de abril será o ponto de partida, pois foi o primeiro onde houve a injeção de energia na rede durante todo o mês. O Quadro 4 demonstra o quantitativo produzido pelo sistema e injetada na rede, e a quantidade consumida a mais.

Quadro 4- Injeção na rede

Mês	Injetado	Comprado da Rede	Sobra	Valor Pago (R$)
Abril	513	460	53	126,49

Maio	528	549	0	135,53
Junho	548	535	13	119,95
Julho	501	548	0	383,87

Fonte: Autores (2023).

O Quadro 5 mostra o comparativo entre o valor pago nas faturas dos meses de abril, maio, junho e julho de 2022 e 2023, além do consumo em cada um deles.

Quadro 5 – Dados dos valores comparativos de 2022 e 2023.

	Ano				
	2022		2023		
Mês	Valor Pago (R$)	Consumo	Valor Pago (R$)	Consumo	Diferença (R$)
Abril	486,77	406	126,49	460	360,28
Maio	539,01	545	135,53	549	403,48
Junho	458,06	453	119,95	535	338,11
Julho	606,12	619	383,87	548	222,25

Fonte: Autores (2023).

5.Tempo de Retorno

Levando em consideração o total investido, diferença de valores apresentadas para os mesmos meses do ano, o preço médio do Kilowatt e o tempo de vida útil de uma placa sola, pode-se traçar um possível plano de retorno financeiro.

De acordo com o estudo de viabilidade para a implantação do sistema de energia solar residencial, apresentado por Teixeira, Carvalho e De Melo Leite (2012), para efeito de cálculos os painéis solares têm uma vida útil de 25 anos. Considerando os dados apresentados anteriormente, o investimento foi de R$ 24.000,00 (vinte e quatro mil reais). A diferença média paga foi de R$ 331,03 por mês na conta de energia e ao adotar uma média de consumo alta de 616 kW mês, valor esse com base nos seis meses com maior consumo de energia, com o um custo de 1,075 reais por kW, geraria um *payback* (tempo de retorno de investimento) de 72.4 meses ou 6 anos.

O Gráfico 1 mostra o potencial de retorno do investimento com base nas informações apresentadas.

Gráfico 1 – Potencial de Retorno após a implementação



Fonte: Autores (2023).

6. Considerações Finais

A energia solar é um importante elemento na geração de energia limpa, principalmente quando se considera que as outras fontes de energia como a Termoelétrica que gera emissão de gás carbônico com a queima e os impactos caudados pelo alagamento na construção de usinas hidroelétricas. A energia solar como apresentado é uma ótima alternativa quando se trata do aspecto econômico, tendo em vista que o investimento acaba por se pagar em alguns anos, e o tempo de vida do equipamento é grande.

Através da pesquisa foi possível apresentar a fundamentação teórica por meio da revisão de literatura para o estudo de caso, onde foi possível fazer um comparativo entre os valores pagos nas faturas antes e depois da implementação, da energia solar, bem como o tempo de retorno do investimento. De acordo com os dados apresentados o investimento se paga em 6 anos, levando em consideração o tempo de vida do equipamento de 25 anos, os outros 19 anos são de lucro.

Para trabalhos futuros, a coleta de dados com maior intervalo de tempo em edificações residências e comerciais em outras cidades ou até mesmo em outros tipos de estabelecimentos com fins comparativos são fatores que merecem atenção e estudos.

Referências

Almeida, E., Rosa, A'., Dias, F., Braz, K., Lana, L., Santo, O., Sacramento, T. (2016) "Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica", Artigo científico, in: http://www2.aneel.gov. br/ arquivos/pdf /atlas3ed.pdf, Outubro.

ANEEL. Atlas de Energia Eólica do Brasil. Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2002.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Balanço energético nacional 2017: ano base 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/default.aspx?CategoriaID=347. Acesso em: 2 nov. 2017

FINKLER, Sandra et al. Governança das organizações de territórios impactados por usinas hidrelétricas no Brasil. 2022.

MACHADO, Miranda. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual de Quimica**, [*S. l.*], p. 139, 14 out. 2014. Disponível em: https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/664/508. Acesso em: 27 ago. 2021.

MOURA, José David Ferreira. AUMENTO DA EFICÁCIA NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PROVENIENTE DOS PARQUES EÓLICOS EM DECORRÊNCIA DA CRISE HÍDRICA NO BRASIL. **Revista Valore**, v. 7, p. 111-120, 2022.

Nascimento C. A. (2018) "**Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica"**, Artigo científico, in: http://www.solenerg.com. br/files/monografia_cassio.pdf, Outubro.

NUNES, Ginete Cavalcante; NASCIMENTO, Maria Cristina Delmondes; DE ALENCAR, Maria Aparecida Carvalho. Pesquisa científica: conceitos básicos. **ID on line. Revista de psicologia**, v. 10, n. 29, p. 144-151, 2016.

PANG, Y.; HE, Y.; CAI, H. Business modelofdistributedphotovoltaicenergyintegratinginvestmentandconsultingservices in China. JournalofCleanerProduction. 218, 943-965, 2019.

PEREIRA, E. B. et al. Cenários e aplicações de energia solar. In: Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em:

http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf. Acesso em: 15 jan. 2018.

PORTAL SOLAR. **Portal Solar**. [*S. l.*], 17 mar. 2022. Disponível em: https://www.portalsolar.com.br/bandeira-de-energia-como-funciona. Acesso em: 9 ago. 2023.

TEIXEIRA, Alexandre Almeida; CARVALHO, Matheus Costa; DE MELO LEITE, Leonardo Henrique. Análise de viabilidade para a implantação do sistema de energia solar residencial. **e-xacta**, v. 4, n. 3, 2012.